



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

**Харківський державний університет
харчування та торгівлі**

Кафедра загальної та харчової хімії

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до самостійної роботи і виконання контрольних робіт з дисципліни
«Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія»**

для студентів напряму підготовки «Харчові технології та інженерія»
піднапряму «Харчова інженерія» заочної форми навчання

Харків

2012

Обговорено й ухвалено на засіданні кафедри загальної і харчової хімії
Протокол № 10 від 20.02.2012 р.

Обговорено й ухвалено на засіданні НМК НН ІХТБ ХДУХТ
Протокол № 3 від 21.02.2012 р.

Рецензент: проф., канд. хім. наук Кононенко Л.В.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні відомості щодо організації самостійної роботи студентів (СРС) з дисципліни.....	7
1.1 СРС як одна з форм навчального процесу.....	7
1.2 Організація і завдання СРС в межах дисципліни.....	8
1.3 Контроль навчальної роботи й оцінювання знань студентів.....	9
2 Самостійна робота з літературою і конспектування.....	11
2.1 Загальні рекомендації щодо роботи з літературою і написання конспекту.....	11
2.2 Зміст дисципліни.....	13
2.3 Питання для самоконтролю.....	24
3 Контрольна робота.....	31
3.1 Загальні рекомендації щодо виконання й оформлення.....	31
3.2 Варіанти контрольних робіт.....	32
3.3 Приклади розв'язання завдань контрольної роботи.....	33
3.4 Завдання контрольної роботи.....	72
4 Індивідуальні навчально-дослідницькі завдання.....	93
4.1 Загальні рекомендації щодо роботи над рефератом.....	94
4.2 Рекомендації щодо оформлення реферату.....	98
4.3 Тематика рефератів.....	99
Рекомендована література.....	101
Додатки.....	102
Додаток А. Константи іонізації слабких кислот та основ.....	102
Додаток Б. Логарифми сумарних констант стійкості комплексних іонів ($t=25^{\circ}\text{C}$, $\mu=0$).....	103
Додаток В. Нормальні окисні потенціали по відношенню до потенціалу нормального водневого електроду при 25°C	105
Додаток Г. Добутки розчинності найважливіших малорозчинних речовин.....	107
Додаток Д. Q-тест.....	108
Додаток Е. Коефіцієнти Стьюдента ($t_{p,f}$).....	109
Додаток Ж. Значення V_{max} у ряду з n вимірювань за рівнем значущості.....	110
Додаток К. F-критерій за $P=0,95$	110



ВСТУП

Аналітична хімія – це наука, що розвиває загальну методологію, методи і засоби дослідження хімічного складу речовин, а також способи аналізу різноманітних об'єктів. Вона має важливе наукове та практичне значення. Будь-яке хімічне дослідження, будь це синтез нових речовин, розробка нової технологічної схеми, інтенсифікація виробництва, підвищення якості продукції тощо, використовує методи аналітичної хімії. На кожному виробництві є своя хімічна лабораторія, в якій проводиться аналіз сировини, напівфабрикатів, продуктів та відходів виробництва. Хімічний аналіз є складовою частиною будь-якого технологічного процесу (рис. 1). Без аналізу не можна забезпечити підвищення якості продукції та економії матеріальних ресурсів, розв'язати питання щодо комплексного використання сировини та захисту навколишнього природного середовища.

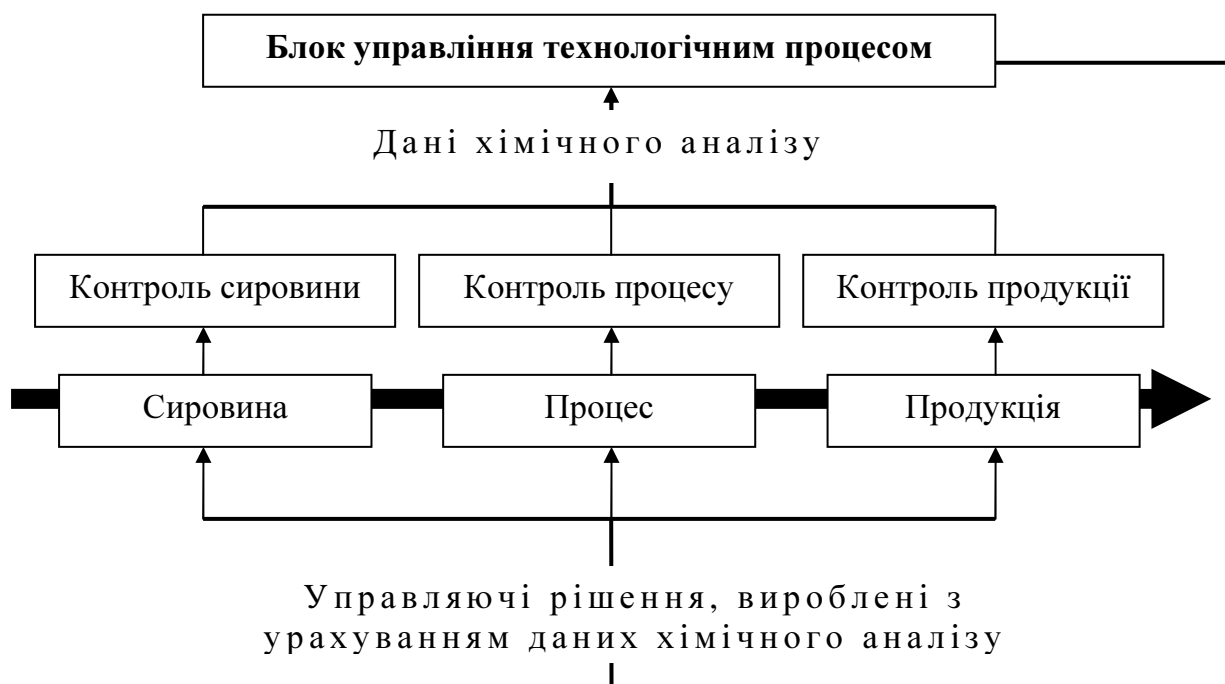


Рисунок 1 – Структурна схема виробництва речовини (продукту, матеріалу)

Аналітична хімія студентами, що вчаться за напрямом підготовки «Харчові технології та інженерія» й піднапрямом «Харчова інженерія» вивчається як складова частина комплексної навчальної дисципліни «Хімічні основи харчових технологій», що входить до циклу математичної, природничо-наукової підготовки та складається з чотирьох хімічних дисциплін: загальної та неорганічної хімії, органічної хімії, аналітичної хімії, фізичної та колоїдної

хімії. Особливістю аналітичної хімії є її системність досить високого рівня, яка за сприятливих умов навчання забезпечує належну впорядкованість системи засвоєваних хімічних знань.

Аналітична хімія зв'язує фундаментальні навчальні дисципліни зі спеціальними і відіграє суттєву роль у професійній підготовці бакалаврів з харчових технологій та інженерії. Вона є не лише основою для вивчення методів хіміко-технологічного контролю виробництва, контролю якості сировини і готової продукції, а й інструментом подальшого вдосконалення технологічних процесів, створення нових продуктів і технологій тощо.

Мета вивчення дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» переслідує розв'язання трьох взаємопов'язаних завдань:

навчальних – набуття студентами загально-наукових і соціально-особистісних компетенцій, створення підґрунтя для формування у них професійних компетенцій через глибоке та міцне засвоєння фундаментальних наукових знань з аналітичної хімії, спеціальних, загально-навчальних вмінь і навичок, усвідомлення необхідності постійного засвоєння нових знань тощо;

розвивальних – розвиток соціально-особистісних та інструментальних компетенцій через розвиток мови, мислення, пам'яті, креативних здібностей, рухової і сенсорної системи; розвиток системного мислення, дослідницьких навичок, навичок роботи з комп'ютером, використання програмних засобів, інтернет-ресурсів тощо;

виховних – формування соціально-особистісних компетенцій через формування світогляду, здатності до самовдосконалення; розуміння додержання етичних норм поведінки відносно інших людей і відносно природи; виховання екологічної культури; адаптивності, комунікабельності і толерантності; наполегливості у досягненні мети; турботи про якість виконаної роботи; здатності до критики й самокритики тощо.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати:

– загальну структуру аналітичної хімії, класифікації її методів; класифікації методів і видів хімічного аналізу;

– метрологічні основи аналітичної хімії;

– основні положення і застосування у практиці хімічного аналізу теорії хімічних рівноваг у гомогенних та гетерогенних системах, в окисно-відновних процесах і процесах утворення та розкладу координаційних сполук;

– теоретичні основи і можливості практичного використання класичних та інструментальних методів хімічного аналізу, їх специфічні особливості, можливості використання для контролю виробництва і якості продукції.

вміти:

– обирати найбільш раціональний метод хімічного аналізу для вирішення поставленої задачі, обирати потрібні стандартні методики здійснення контролю за показниками якості, грамотно планувати експериментальне дослідження, користуватися довідниковою літературою, інтернет-ресурсами;

– працювати з хімічним посудом та реактивами, користуватися технохімічними та аналітичними вагами, іншими лабораторними приладами і обладнанням; володіти технікою виконання всіх операцій класичних методів якісного та кількісного аналізу;

– проводити потрібні розрахунки й оцінювати точність вимірювань, своєчасно і грамотно оцінювати та чітко формулювати результати спостережень, обирати необхідну форму подання результатів аналітичного визначення; висловлювати відповідність отриманих показників якості вимогам нормативно-технічної документації.

мати уявлення:

– про функціональну залежність між властивостями речовин, їх складом і будовою;

– про можливості практичного використання сучасних інструментальних методів хімічного аналізу, їх апаратурне обладнання і специфічні особливості;

– про сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії.

Дані методичні вказівки написані як керівництво самостійною роботою для студентів-першокурсників заочної форми навчання з урахуванням логіки навчального процесу (табл. 1). Вони складаються зі вступу, чотирьох розділів, списку рекомендованої літератури, додатків і містять необхідні відомості і рекомендації щодо самостійної роботи студентів для ефективного досягнення ними мети і завдань вивчення дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія».

Таблиця 1 – Логіка навчального процесу

Крок	Очікуваний і прогнозований результат
1	Розуміння і усвідомлення мети і завдань навчання
2	Оволодіння необхідним обсягом знань
3	Формування вмінь і навичок
4	Застосування набутих знань, умінь і навичок на практиці
5	Аналіз і оцінювання навчальної діяльності



1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ (СРС) З ДИСЦИПЛІНИ

Розвиток і освіта ні одній людині не можуть бути дані або повідомлені. Усяк, хто бажає до них прилучитися, повинен досягти цього власною діяльністю, власними силами, власним напруженням.

А. Дістервег (німецький педагог)

«Студент» (з лат. *students* – той, хто вчиться)

1.1 СРС як одна з форм навчального процесу

Самостійна робота студента – це навчальна діяльність студента, яка планується, виконується за завданням, під методичним керівництвом і контролем викладача, але без його прямої участі. Матеріали для самостійної роботи, його обсяги добираються викладачем, він же видає студентам завдання СРС, визначає графіки, терміни виконання, форми контролю.

Значення СРС виходить далеко за межі окремих дисциплін. Самостійна робота студентів є однією з форм навчального процесу і суттєвою його частиною. Вона сприяє поглибленню і розширенню знань студентів, формуванню у них інтересу до пізнавальної діяльності; оволодінню методами і способами пізнання, розвитку пізнавальних здібностей, набуттю навичок самостійної роботи взагалі, здатності приймати на себе відповідальність, самостійно вирішувати проблеми, знаходити конструктивні рішення, вихід з кризового становища тощо.

Самостійна робота включає відтворювальні та творчі процеси у пізнавальній діяльності студента. Залежно від цього розрізняють три рівні СРС:

- 1 – репродуктивний (тренувальний);
- 2 – реконструктивний;
- 3 – творчий (пошуковий).

Завдання репродуктивного рівня виконується за зразком (алгоритмом). Вони можуть бути як завданнями на розв'язання задач, заповнення таблиць, схем тощо. Під час розв'язання таких завдань пізнавальна діяльність студента полягає у розпізнаванні, осмисленні, запам'ятовуванні. Метою таких завдань є закріплення набутих знань, формування вмінь і навичок.

В ході виконання реконструктивних завдань СРС відбувається перебудова рішень, складання плану, тез, анотування тощо. На цьому рівні

можуть виконуватись індивідуальні навчально-дослідницькі завдання (ІНДЗ), до яких відносяться і реферати.

Творчий рівень вимагає аналізу проблемної ситуації, одержання нової інформації. Студент повинен самостійно обрати методи і засоби розв'язання визначеної проблеми. На цьому рівні виконуються науково-дослідні завдання, курсові та дипломні проекти.

1.2 Організація і завдання СРС в межах дисципліни

Згідно з робочою програмою дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія», розробленої на основі галузевого стандарту вищої освіти України відповідно до вимог освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів напряму «Харчові технології та інженерія» піднапряму «Харчова інженерія» за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр», на вивчення дисципліни відведено 180 год., з них, згідно з навчальним планом підготовки бакалаврів НН ІХТБ ХДУХТ, на самостійну роботу студентів заочної форми навчання відведено 152 год.

Вагоме місце в організації самостійної роботи займають лекції і консультації. Лекції, що читаються для студентів заочної форми навчання, є оглядово-установчими лекціями. Саме на них студенти мають зрозуміти сучасну концепцію дисципліни, одержати рекомендації щодо самостійного вивчення матеріалу, літературні джерела. Лектор акцентує увагу студентів на необхідності вірного розуміння нових термінів і понять, допомагає студентам систематизувати й узагальнити великі блоки інформації, усвідомити внутришньо-предметні і міжпредметні зв'язки тощо.

Консультації сприяють індивідуалізації навчання. На них викладач допомагає студентам раціонально організувати роботу над вивченням матеріалу дисципліни, пояснює незрозумілі питання тощо. Відмітимо, що консультацію студент заочної форми навчання може отримати не лише у стінах ВНЗ, а й «на відстані», шляхом використання електронної пошти, інших засобів інформаційно-комунікаційних технологій. Окреме місце належить консультаціям з контрольними функціями, на яких викладач в процесі співбесіди зі студентом оцінює виконання ним завдань самостійної роботи.

Самостійна робота студентів в межах дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» включає завдання репродуктивного і реконструктивного рівнів.

Завданнями СРС репродуктивного рівня є опрацювання матеріалу оглядово-установчих лекцій; самостійне вивчення теоретичних питань

змістових модулів дисципліни, написання конспекту, складання схем аналізу, класифікацій тощо; виконання завдань контрольної роботи; підготовка до виконання завдань лабораторного практикуму. Саме ці завдання сприяють засвоєнню і систематизації фундаментальних знань з аналітичної хімії, вони є основою для самоконтролю студентів, сприяють розвитку їх організованості, наполегливості у досягненні мети.

Завданням СРС реконструктивного рівня є індивідуальні навчально-дослідницькі завдання (ІНДЗ) у вигляді написання реферату за обраною темою. Виконання цих завдань сприятиме розширенню світогляду та поглибленню знань студентів з аналітичної хімії, розвитку їх логічного мислення, навичок роботи з комп'ютером, виробленню навчально-дослідницьких умінь і набуття навичок науково-дослідної роботи – пошуку необхідної інформації, у т.ч. і в мережі Internet, її опрацюванню, оволодінню стилем наукового мовлення, правильному складанню списку використаних джерел тощо.


1.3 Контроль навчальної роботи й оцінювання знань студентів

Контроль навчальної роботи й оцінювання знань студентів є важливими засобами управління процесом навчання. Організація контролю й оцінювання знань студентів з дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» здійснюється згідно з метою її вивчення, з урахуванням об'єктивних закономірностей навчального процесу. Основними принципами контролю й оцінювання знань студентів є його індивідуальний характер, системність, тематичність, об'єктивність і гласність, єдність вимог викладача до студентів.


Під час викладання дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» студентам заочної форми навчання використовуються індивідуальний, поточний і підсумковий контроль знань студентів. Крім того, студенти використовують самоконтроль. Усі види контролю сприяють формуванню особистості студента, його пізнавальної та інтелектуальної активності, стимулюванню його навчальної діяльності.

Індивідуальний контроль – оцінювання самостійної роботи студента у міжсесійний період, що проводиться на консультаціях з контрольними функціями до початку лабораторного практикуму з дисципліни шляхом індивідуальної співбесіди викладача зі студентом. *Якість написання конспекту, правильність складання схем аналізу катіонів і аніонів, точність класифікаційних схем і таблиць з методів хімічного аналізу оцінюється у 18-30 балів. Контрольна робота оцінюється в 9-15 балів, її зарахування свідчить про досягнення студентом потрібного рівня теоретичної підготовки для виконання*

завдань лабораторного практикуму дисципліни. Виконання ІНДЗ оцінюється в 9-15 балів.

 Ті студенти, які не виконали контрольну роботу, до лабораторних занять з дисципліни не допускаються.

Поточний контроль – поточне оцінювання рівня засвоєння навчального матеріалу, що проводиться під час лабораторних занять з дисципліни шляхом письмового фронтального опитування студентів на початку лабораторного заняття, тестування або хімічного диктанту, практичної перевірки знань при виконанні завдань лабораторного практикуму тощо. Виконання завдань кожного лабораторного заняття оцінюється викладачем в 3-5 балів (усі незадовільні оцінки студент повинен виправити).

 Кожен студент обов'язково має самостійно виконати всі завдання лабораторних занять дисципліни, оформити їх у лабораторному журналі і своєчасно здати викладачу.

Підсумковий контроль – комплексне оцінювання якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни у вигляді оцінки ECTS та у балах (табл. 2), що проводиться лектором на підставі результатів усіх видів контролю, передбачених навчальним планом за весь термін викладання дисципліни.

Таблиця 2 – **Відповідність оцінок знань студентів за національною та європейськими шкалами**

Оцінка ECTS	Визначення	Оцінка в балах	Традиційна оцінка
A	ВІДМІННО – відмінні знання лише з незначною кількістю помилок	90-100	Відмінно
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	85-99	Добре
C	ДОБРЕ – середній рівень з певною кількістю помилок	75-84	Добре
D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	70-74	Задовільно
E	ДОСТАТНЬО – знання задовільняють мінімальним критеріям	60-69	Задовільно
FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – з можливістю повторного складання	35-59	Незадовільно
F	НЕЗАДОВІЛЬНО – з обов'язковим повторним курсом	<34	Незадовільно



2 САМОСТІЙНА РОБОТА З ЛІТЕРАТУРОЮ І КОНСПЕКТУВАННЯ

Однією з основних форм вивчення дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» студентами заочної форми навчання є самостійна робота з літературою і конспектування. Даний вид навчальної діяльності є, на нашу думку, найбільш складним для першокурсників, він вимагає володіння прийомами ефективної роботи з інформацією з книг, журналів, мережі Internet тощо. Але саме ця діяльність сприяє набуттю студентами загально-наукових компетенцій, спеціальних, загально-навчальних вмінь і навичок, розвиває мислення, пам'ять, формує аналітичні і креативні здібності, виховує організованість, цілеспрямованість, відповідальність, турботу про якість виконаної роботи тощо.

Під час самостійної роботи з літературою відбувається процес набуття й обробки знання, зміни форми його початкового існування, пристосування до цілей і завдань навчальної діяльності.

При конспектуванні студент набуті знання представляє у тій формі, яка буде зручною для використання, корисною у подальшій навчальній і професійній діяльності.

Після опрацювання рекомендованої літератури і конспектування студентам рекомендується відповісти на питання для самоконтролю. Самоконтроль виробляє у студентів навички об'єктивного оцінювання набутого знання, що спрямують більш свідомому виконанню завдань контрольної роботи, підвищують якість та ефективність навчання в цілому.

2.1 Загальні рекомендації щодо роботи з літературою і написання конспекту

Починати самостійну роботу з літературою і написання конспекту слід з ознайомлення зі змістом дисципліни, підбором рекомендованих підручників і навчальних посібників. Вивчення й опрацювання матеріалу кожного змістового модулю дисципліни доцільно проводити у декілька етапів.

Спочатку з рекомендованим матеріалом підручників і навчальних посібників слід ознайомитись бігло для виявлення загальних питань, положень, проблем тощо. При цьому обов'язково слід звертати увагу на усвідомлення нових понять, термінів, правил. Потім слід ретельно опрацювати рекомендований матеріал. Необхідно чітко з'ясувати основні положення,

тези, твердження, встановити взаємозв'язки між ними; зрозуміти цінність і цілеспрямованість прикладів, пояснень, ілюстрацій. Для кращого запам'ятовування доцільно відшукати у власному досвіді нові й додаткові приклади до тих положень, що подані. Саме на цьому етапі слід навчитися відокремлювати головне від другорядного, яке є лише ілюстрацією до головного.

Оскільки людська пам'ять не може зберігати всього прочитаного протягом тривалого часу, в процесі самостійного навчання надзвичайно важливо навчитися робити записи прочитаного, вивченого, систематизувати матеріал для раціонального використання його в подальшій науковій і практичній роботі. Під час опрацювання літератури можуть робитися такі види записів, як складання плану, виписування цитат, запис висновків, складання тез, складання конспекту, написання реферату, складання схем і таблиць, запис власних думок, що виникли під враженням прочитаного, запис окремих термінів із занотовуванням їх значення та ін.

Важливе значення у самостійній навчальній роботі студентів під час вивчення дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» має написання конспекту. Конспект – це детальний виклад змісту інформації, він має бути кратким, логічним, цілісним, зрозумілим, здатним у разі звернення до нього викликати у пам'яті студента повний обсяг навчальної інформації з дисципліни.

Для написання хорошого конспекту студенту слід ретельно опрацювати теоретичний матеріал кожного модулю дисципліни, при цьому виділити в ньому саме необхідне і головне для вирішення визначеної навчальної задачі, створити її модель (понятійну та/або структурну), оволодіти спеціальними термінами тощо. Саме під час написання конспекту студент має навчитися переробляти інформацію, надавати їй іншого вигляду і форми. У конспекті доцільно використовувати образні або символічні компоненти, робити кольорові виділення (👉 кольорів – не більше трьох).

Під час конспектування обов'язково слід робити заголовки, вони не лише спрощують пошук інформації, а й полегшують запам'ятовування. Між заголовками та наступним текстом доцільно робити відступ дещо більший, ніж між строчками тексту. Різні за важливістю заголовки повинні відрізнятися (можна робити зміщення матеріалу на аркуші ліворуч або праворуч, центрувати, по-різному підкреслювати та ін.).

Пам'ятайте, що хороший конспект – це запис смислу опрацьованого матеріалу, а не самого цього матеріалу.

2.2 Зміст дисципліни

Модуль 1. Загальні основи аналітичної хімії

Змістовий модуль 1.1

Аналітична хімія як наука, як навчальна дисципліна


Аналітична хімія як наука. Об'єкт, предмет і методологічні особливості аналітичної хімії. Індивідуальність аналітичної хімії, її місце в системі наук, зв'язок із практикою. Основні етапи й особливості розвитку аналітичної хімії. Розвиток аналітичної хімії на Україні. Завдання аналітичної хімії.

Аналітична хімія як навчальна дисципліна, її місце і значення в системі підготовки фахівців напряму «Харчова технологія та інженерія».

Аналітична лабораторія. Правила поведінки в аналітичній лабораторії. Правила ведення і оформлення документації лабораторії. Правила оформлення результатів аналізів. Організація робочих місць у лабораторії.

Хімічні реактиви, їх класифікація, умови зберігання.

Посуд і обладнання аналітичної лабораторії. Ваги, правила зважування на технохімічних і аналітичних вагах. Мірний посуд, методика його калібрування.

 [1] – с. 6-22, 32-53; [3] – с. 10-17, 24-35, 39-43; [4] – с. 4-5, 8-10, 231-232; [6] – с. 3-12, 43-44; [7] – с. 4-20, 24-34; [9] – с. 14-24, 33-43; [11] – с. 5-17.

Змістовий модуль 1.2

Структура аналітичної хімії. Метрологічні основи аналітичної хімії

Структура аналітичної хімії. Методи аналітичної хімії. Загальна схема аналітичного визначення.

Об'єкти, методи і види аналізу. Харчові системи як об'єкти аналізу.

Хіміко-технологічний контроль харчових виробництв. Роль хімічного аналізу у формуванні і забезпеченні якості продукції.


Метрологічні основи аналітичної хімії. Організація і методологія метрологічного забезпечення діяльності аналітичної служби. Вимоги до метрологічної оцінки залежно від об'єкта і мети аналізу. Основні метрологічні поняття й уявлення: вимірювання, методи і засоби вимірювань, метрологічні вимоги до результатів вимірювань, основні принципи і способи забезпечення достовірності результатів вимірювань. Методи і методики вимірювань. Погрішності вимірювань.

Засоби вимірювань та їх метрологічна характеристика. Повірка апаратури, метрологічна атестація нестандартних засобів вимірювань і методик аналізу. Поняття про стандарти. Категорії і види стандартів.

Метрологічні служби, їх завдання і функції. Акредитація аналітичних лабораторій.

Типи хімічних реакцій, що використовуються в хімічному аналізі. Аналітичний сигнал. Аналітичні реакції, їх визначення, класифікація, техніка виконання. Мікрокристалоскопічні аналітичні реакції. Люмінесцентні аналітичні реакції.

Чутливість. Параметри чутливості, їх розрахунок. Фактори, що впливають на чутливість. Методи підвищення чутливості аналітичної реакції.

 [1] – с. 6-22, 32-53; [3] – с. 10-17, 24-35, 39-43; [4] – с. 4-5, 8-10, 231-232; [6] – с. 3-12, 43-44; [7] – с. 4-20, 24-34; [9] – с. 14-24, 33-43; [11] – с. 5-17.

Змістовий модуль 1.3

Теорії розчинів і іонних рівноваг, їх використання в аналітичній хімії


Теорія розчинів Менделєєва. Загальні поняття про розчини. Стан речовин в ідеальних і реальних системах. Структура розчинників і розчинів. Класифікації розчинників. Сольватація. Іонізація. Дисоціація. Поведінка електролітів та неелектролітів розчинах. Розчинник як засіб керування хімічними процесами у розчинах. Найпоширеніші неводні розчинники.

Загальна та рівноважна концентрації. Рівняння матеріального балансу. Рівняння електронейтральності. Активність. Коефіцієнт активності. Термодинамічна константа рівноваги, її зв'язок з концентраційною константою рівноваги. Теорія Дебая-Хюккеля. Іонна сила розчину. Граничний закон Дебая. Рівняння Девіс. Вплив іонної сили розчину на константу рівноваги. Зарядна характеристика реакції.

Розрахунок реальних і умовних констант. Фактори, що впливають на положення хімічної рівноваги. Загальний підхід до розрахунків рівноважного складу хімічних систем. Графічний опис рівноваг за допомогою розподільних і концентраційно-логарифмічних діаграм. Комп'ютеризація розрахунків рівноваг.

Способи вираження складу розчину. Приготування розчинів заданої концентрації. Методи визначення концентрації розчиненої речовини у розчині.

Швидкість реакцій. Фактори, що впливають на швидкість. Вплив розчинника на швидкість реакції. Кінетика реакцій у неводних розчинах. Каталізатори, інгібітори. Автокаталітичні реакції. Приклади прискорення та уповільнення реакцій, що використовуються у хімічному аналізі. Поняття про кінетичні методи аналізу.

 [1] – с. 54-78; [4] – с. 6-8, 14-20; [6] – с. 63-65; [7] – с. 21-24, 82-94, 96-115; [9] – с. 44-50; [11] – с. 49-60, 66-67; [13] – с. 102-105, 223-238.

Змістовий модуль 1.4

Кисотно-основної рівноваги, їх використання в аналітичній хімії

Поняття кислот і основ в історичному розвитку теорій кислот і основ. Теорія електролітичної дисоціації Ареніуса-Оствальда. Протолітична теорія кислот і основ Бренстеда-Лоурі. Теорія Усановича.

Рівноваги у розчинах. Константи кислотності й основності.


Кисотно-основні властивості розчинників. Автопротоліз. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу кислоти й основи. Нівелюючий і диференціюючий ефект розчинника. Приклади використання в хімічному аналізі.

Шкала рН і рОН. Кисотно-основні індикатори. Методи визначення рН.

Протолітичні рівноваги в багатокомпонентних системах. Буферні розчини, їхні властивості, способи приготування. Буферна ємність. Використання буферних розчинів у практиці хімічного аналізу.

Вплив іонної сили та температури на кисотно-основні рівноваги.

Розрахунок рН розчинів кислот і основ. Визначення областей переважання продуктів кисотно-основних перетворень. Використання комп'ютерних програм для розрахунків протолітичних рівноваг.

 [1] – с. 79-82; 110-145; [3] – с. 60-89, 149-163; [4] – с. 22-29; [7] – с. 117-138; [9] – с. 51-70; [11] – с. 82-124; [13] – с. 239-260, 304-312, 320-327.

Змістовий модуль 1.5

Рівноваги у розчинах координаційних сполук, їх використання в аналітичній хімії

Загальна характеристика координаційних сполук, їх склад і будова.

Рівноваги у розчинах координаційних сполук. Концентраційні умови існування комплексної сполуки. Константа стійкості комплексної сполуки. Вплив властивостей центральних іонів-комплексоутворювачів і лігандів на стійкість комплексних сполук. Вплив іонної сили та температури на рівноваги в розчинах координаційних сполук. Умовні константи стійкості координаційних сполук. Ступінь утворення комплексу і розрахунок рівноважних концентрацій. Використання комп'ютерних програм для розрахунків рівноваг у розчинах координаційних сполук.

Швидкість реакцій комплексоутворення у розчині.

Аналітичні властивості координаційних сполук: стійкість, розчинність, забарвлення, леткість. Вплив комплексоутворення на розчинність сполук, кисотно-основну рівновагу, окисно-відновний потенціал систем, стабілізацію

різних ступені окиснення елементів. Способи підвищення чутливості і вибірковості аналізу за допомогою координаційних сполук.



[1] – с. 179-223; [9] – с. 94-103; [3] – с. 191-200; [7] – с. 138-164; [11] – с. 166-184; [4] – с. 40-45; [13] – с. 328-348.

Змістовий модуль 1.6

Органічні реагенти, їх використання в аналітичній хімії

Органічні реагенти в аналітичній хімії, їх загальна характеристика.

Теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами. Вплив їх природи, положення функціонально-аналітичних груп, стереохімії молекул реагента на його взаємодію з неорганічними іонами. Теорія аналогій взаємодії іонів металів з неорганічними реагентами типу H_2O , NH_3 і H_2S та киснев-, нітроген- і сульфурвмісним органічними реагентами.

Основні типи сполук, що утворюються за участю органічних реагентів. Хелати. Хелатний ефект. Основні критерії використання внутрішньо-комплексних сполук у хімічному аналізі.

Реакції без участі комплексних сполук металів. Утворення забарвлених сполук. Утворення органічних сполук, що мають специфічні властивості. Використання органічних сполук як індикаторів у титриметричних методах кількісного аналізу.

Найважливіші органічні реагенти, які використовуються в методах розділення, виявлення і визначення, для маскування і демаскування. Утворення забарвлених сполук. Утворення органічних сполук зі специфічними властивостями.

Органічні реагенти для органічного аналізу. Характеристика окремих представників органічних реагентів і можливостей використання їх в аналізі.



[1] – с. 224-232; [4] – с. 55-57; [7] – с. 164-177; [13] – с. 105-206.

Змістовий модуль 1.7

Окисно-відновні рівноваги, їх використання в аналітичній хімії

Окисно-відновні реакції (ОВР), їх значення у практиці аналізу. Основні неорганічні й органічні окисники і відновники, що використовуються в аналізі. Методи попереднього окиснення і відновлення компонента, який визначають.

Кількісні характеристики ОВР. Молярна маса речовини еквівалента окисника та відновника. Рівняння Нернста. Поняття про стандартний окисно-відновний потенціал системи, реальний та формальний потенціал.


Напрямок окисно-відновної реакції. Фактори, що впливають на напрям ОВР. Вплив кислотно-основних взаємодій, комплексоутворення та утворення

малорозчинних сполук на редокс-потенціал. Константи рівноваги окисно-відновних реакцій. Використання комп'ютерних програм для розрахунків окисно-відновних рівноваг.

Швидкість і механізми окисно-відновних реакцій. Вплив іонної сили і температури на перебіг ОВР.

Окисно-відновні властивості води, ряд напруг у водному середовищі.

ОВР у неводному середовищі. Ряд напруг у неводному середовищі, приклади використання.

 [1] – с. 146-176; [3] – с. 174-183; [4] – с. 31-38; [7] – с. 177-191; [11] – с. 207-224; [13] – с. 349-363.

Змістовий модуль 1.8

Рівноваги у системі осад–розчин, їх використання в аналітичній хімії


Реакції осадження і розчинності осадів, їх значення для аналізу. Рівноваги у системі осад – розчин. Добуток розчинності (ДР) і добуток активності, зв'язок між ними. Розчинність. Зв'язок добутку розчинності малорозчинної сполуки з її розчинністю. Умови випадіння осадів. Добуток розчинності у разі неповної дисоціації малорозчинної сполуки. Умовний ДР. Використання комп'ютерних програм для розрахунків рівноваг в системі осад – розчин.

Осади та їх властивості. Схема утворення осаду. Кристалічні та аморфні осади. Залежність структури осаду від індивідуальних властивостей осаджуваної речовини й умов осадження. Залежність форми осаду від швидкості утворення і росту первинних частинок. Умови одержання кристалічних осадів. Фактори, що впливають на розчинність осадів. Розчинення осадів під дією сильних кислот, внаслідок комплексоутворення, внаслідок перебігу окисно-відновних реакцій. Вплив розчинника на розчинність. Вплив температури на розчинність.

Рівноваги під час осадження декількох малорозчинних сполук.

Колоїдні системи, причини їх утворення. Коагуляція, седиментація і пептизація. Роль колоїдоутворення в хімічному аналізі.

Співосадження (адсорбція, окклюдія, ізоморфізм) і післяосадження. Позитивна і негативна роль співосадження в аналізі. Концентрування мікрокомпонентів співосадженням на колекторі.

 [1] – с. 84-108; [3] – с. 111-131, 201-211; [4] – с. 47-53; [7] – с. 192-203; [9] – с. 31-32; [11] – с. 252-273; [13] – с. 68-101.

Змістовий модуль 1.9


Методи маскуванню, концентрування і розділення речовин

Загальна характеристика методів концентрування і розділення речовин. Маскування як метод розділення компонентів у гомогенному середовищі. Методи розділення компонентів шляхом одержання або використання гетерогенних систем.

Екстракція. Вплив різних факторів на процеси екстракції. Швидкість екстракції. Класифікація екстракційних систем. Приклади використання екстракції для розділення речовин, їх концентрування, для дослідження рівноваг. Метод послідовних екстракцій.

Хроматографія. Сутність методу. Класифікація хроматографічних методів аналізу. Паперова і тонкошарова хроматографія. Одержання й аналіз площинних хроматограм. Використання в аналізі, сучасний стан, перспективи.

Електроміграційні методи. Електрофорез на папері. Екстракційно-електрофоретичне розділення іонів. Ізотахофорез.

 [1] – с. 233-258, 264-286; [2] – с. 402-434; [3] – с. 450-458; [4] – с. 59-70, 190-211; [7] – с. 207-339; [9] – с. 81-90; [12] – с. 277-341; [13] – с. 219-222, 388-417.

Модуль 2. Якісний аналіз


Змістовий модуль 2.1

Якісний аналіз як перший ступінь аналітичного дослідження

Предмет і завдання якісного аналізу. Основні етапи якісного аналізу.

Методи якісного аналізу, їх загальна характеристика та класифікація. Хімічні і фізичні методи виявлення та ідентифікації неорганічних і органічних речовин. Мікрокристалоскопічний аналіз, пірохімічний аналіз (забарвлення полум'я, возгонка, утворення перлів). Крапельний аналіз. Аналіз розтиранням порошків. Хроматографічні методи якісного аналізу.

Систематичний і дробний аналіз. Схема систематичного аналізу як сполучення методів розділення і виявлення. Системи якісного аналізу катіонів. Кислотно-основна система якісного аналізу катіонів. Аналітичні класифікації аніонів. Поділ аніонів на аналітичні групи. Особливості використання групових реагентів в аналізі аніонів.

 [3] – с.17-43, 383-385; [4] – с. 72-79, 90; [5] – с. 3-4, 8-13, 60-61.

Змістовий модуль 2.2

Властивості й аналіз катіонів

Властивості й аналіз катіонів групи хлоридної кислоти - катіонів I аналітичної групи (Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}). Хлоридна кислота як груповий реагент,

умови реакцій. Аналітичні реакції, які використовують для виявлення та розділення катіонів першої аналітичної групи.

Властивості й аналіз катіонів групи сульфатної кислоти – катіонів II аналітичної групи (Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}). Загальноаналітичні реакції катіонів другої аналітичної групи. Схожість та відмінності сполук, утворених за цими реакціями. Дія сульфатної кислоти як групового реактиву, умови проведення реакцій.

Властивості й аналіз групи катіонів, гідроксиди яких мають амфотерні властивості – катіонів III аналітичної групи (Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}). Дія групового реактиву. Аналітичні реакції, які використовують для виявлення та розділення катіонів групи амфотерних гідроксидів.

Властивості й аналіз групи катіонів, гідроксиди яких не розчиняються у лугах і амоніаку – катіонів IV аналітичної групи (Mg^{2+} , Bi^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}). Аналітичні реакції, які використовують для виявлення та розділення катіонів групи гідроксидів, нерозчинних у лугах.

Властивості й аналіз групи катіонів, гідроксиди яких не розчиняються у надлишку лугів, але розчиняються в амоніаку – катіонів V аналітичної групи (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}). Аналітичні реакції, які використовують для виявлення та розділення катіонів.

Властивості й аналіз групи катіонів, що не має групового реактиву – катіонів VI аналітичної групи (Na^+ , K^+ , NH_4^+). Аналітичні реакції катіонів шостої аналітичної групи, умови їх проведення.

Особливості аналізу суміші катіонів усіх аналітичних груп. Аналіз розчину суміші катіонів I-VI аналітичних груп.



[3]– с. 225-382, 458-461; [4]– с. 80-83; [5]– с. 14-60.

Змістовий модуль 2.3

Властивості й аналіз аніонів

Аніони першої аналітичної групи (CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, SiO_3^{2-} , F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ тощо): особливості структурної та електронної будови, характерні реакції. Аналіз суміші аніонів першої аналітичної групи. Проведення попередніх досліджень. Виявлення окремих аніонів дробним методом.

Аніони другої аналітичної групи (Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$, SCN^- , CN^-): особливості електронної будови, характерні реакції та аналіз суміші.

Аніони третьої аналітичної групи (NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-): особливості структурної та електронної будови, характерні реакції та аналіз суміші.

Аналіз суміші аніонів першої, другої та третьої аналітичних груп.



[3] – с. 383 - 418, 462; [4] – с. 90 - 92; [5] – с. 60-81.

Змістовий модуль 2.4

Суша речовина, її аналіз

Аналіз сухої речовини, розчинної у воді. Попередні дослідження. Хід аналізу розчину досліджуваної речовини. Відкриття аніонів у разі відсутності у досліджуваному розчині катіонів важких металів.

Аналіз сухої речовини, нерозчинної у воді. Неорганічні речовини, розчинні та нерозчинні у воді. Відбір проби та підготовка зразка до аналізу. Попередні дослідження. Вибір розчинника. Переведення зразка у розчин. Виявлення катіонів і аніонів.

Аналіз суміші двох-трьох солей, розчинних у воді.

Аналіз суміші речовин невідомого складу.



[3] – с. 419-450; [5] – с. 82.

Модуль 3. Кількісний аналіз

Змістовий модуль 3.1

Кількісний аналіз, його об'єкти і методи. Статистична обробка результатів аналізу

Предмет та завдання кількісного аналізу. Загальна характеристика та класифікація методів кількісного аналізу. Вимоги до реакцій, що використовуються у хімічному аналізі. Порівняльна оцінка методів кількісного хімічного аналізу.

Класифікація погрешностей хімічного аналізу. Точність, відтворюваність і правильність хімічного аналізу. Способи оцінювання правильності: використання стандартних зразків, метод добавок, метод варіювання наважок, співставлення з іншими методами. Стандартні зразки, їх виготовлення, атестація та використання. Способи підвищення відтворюваності і правильності аналізу.

Статистична обробка результатів аналізу. Виявлення промахів. Порівняння двох середніх.



[2] – с. 5-34; [4] – с. 10-12; [6] – с. 6-7, 13-39; [11] – с. 24-49.

Змістовий модуль 3.2

Хімічні методи кількісного хімічного аналізу

Загальна характеристика і класифікація класичних методів хімічного аналізу.

Гравіметричний аналіз. Суть, основні поняття, класифікація методів, техніка та обладнання. Переваги і недоліки гравіметричних визначень.

Метрологічні характеристики гравіметрії. Операції гравіметричного аналізу. Розрахунок наважки та кількості осаджувача. Форма осадження та вимоги до неї. Фактори, якими визначаються умови осадження. Найважливіші реагенти-осаджувачі. Гравіметрична форма, способи її одержання. Обчислення у гравіметричному аналізі. Гравіметричний фактор. Практичне застосування гравіметрії

Титриметричний аналіз. Суть, основні поняття, класифікація методів, техніка та обладнання. Вимоги до хімічних реакцій, що використовуються в об'ємному аналізі. Переваги і недоліки титриметричних визначень. Основні прийоми титриметричних визначень. Розрахунок результатів титрування.

Суть, загальна характеристика і класифікація методів кислотно-основного титрування. Робочі розчини, їх приготування і стандартизація. Титрування у неводних середовищах. Розчинники, що використовуються у неводному кислотно-основному титруванні. Розрахунок, побудова й аналіз типових кривих титрування. Кислотно-основні індикатори. Фактори, що впливають на перехід забарвлення індикаторів. Вибір індикатора за кривою титрування. Похибки титрування, зумовлені різницею T_E та КТТ. Практичне застосування методів нейтралізації.

Суть, загальна характеристика і класифікація методів комплексиметричного титрування. Неорганічні й органічні титранти в комплексиметрії. Переваги комплексонів як титрантів.

Комплексонометрія. Приготування і стандартизація робочого розчину трилону Б. Металохромні індикатори. Криві титрування. Фактори, що впливають на вигляд кривих титрування: концентрація іонів металу, стабільність комплексу, конкуруючі реакції. Умовні константи стійкості комплексів, їх залежність від рН. Селективність титрування і способи її підвищення. Практичне застосування комплексонометрії.

Суть, загальна характеристика і класифікація методів осаджувального титрування. Вимоги до реакцій, що в них використовуються. Способи проведення осаджувального титрування. Криві осаджувального титрування. Індикатори для фіксації T_E : осаджувальні, металохромні, абсорбційні. Індикаторні похибки осаджувального титрування.


Аргентометрія. Приготування і стандартизація робочого розчину. Різновиди за методом визначення КТТ: метод Гей-Люссака, метод Мора, метод Фаянса-Фішера-Ходакова, метод Фольгарта. Можливості і практичне використання.

Суть, загальна характеристика і класифікація методів окисно-відновного титрування. Особливості окисно-відновних реакцій та вимоги, що висуваються до них у кількісному аналізі.

Перманганометрія. Приготування і стандартизація робочого розчину калій перманганату. Індикатори перманганометрії. Особливості перманганометричних визначень, джерела похибок. Практичне використання.

Дихроматометрія. Приготування і стандартизація робочого розчину. Індикатори методу. Особливості визначень, джерела похибок. Практичне використання.

Йодометрія. Приготування і стандартизація робочих розчинів. Крохмаль як індикатор йодометрії. Особливості йодометричних визначень. Джерела похибок в йодометрії (леткість та диспропорціювання йоду, окислення йодиду, нестабільність розчину тіосульфату) та способи їх усунення. Практичне використання йодометрії.

 [2] – с. 238-297; [4] – с. 94-159; [6] – с. 62-169; [8] – с. 5-116; [11] – с. 68-82, 125-165, 185-206, 225-251, 281-310.

Змістовий модуль 3.3

Інструментальні методи кількісного хімічного аналізу

Загальна характеристика і класифікація інструментальних методів хімічного аналізу, особливості та галузі їх використання. Основні інструментальні методи аналізу (електрохімічні; спектральні та ін. оптичні методи; хроматографія).

Загальна характеристика і класифікація електрохімічних методів аналізу, порівняльна характеристика їх чутливості, вибірковості, можливостей використання.

Пряма потенціометрія. Вимірювання потенціалу. Оборотні і необоротні окисно-відновні системи. Індикаторні електроди. Іонометрія. Класифікація іон-селективних електродів. Характеристики іон-селективних електродів: електродна функція, коефіцієнт селективності, час відклику. Практичне використання.


Потенціометричне титрування. Зміна електродного потенціалу під час титрування. Способи виявлення КТТ. Практичне використання.

Кулонометрія. Теоретичні основи метода. Закон Фарадея. Способи визначення кількості електричества. Пряма кулонометрія і кулонометричне титрування. Переваги й обмеження методу. Практичне використання.

Спектроскопічні методи аналізу. Спектр електромагнітного випромінювання. Основні типи взаємодії речовини з випромінюванням: емісія

(теплова, люмінесценція), поглинання, розсіювання. Місце і роль спектроскопічних методів в хімічному аналізі. Загальна характеристика, класифікації, особливості, апаратурне оформлення і можливості використання методів атомної оптичної спектроскопії (атомно-емісійних: спектрографічних, спектрометричних, емісійної спектроскопії полум'я; атомно-флуоресцентних; атомно-абсорбційних), методів атомної рентгенівської спектроскопії (рентгено-емісійних; рентгено-абсорбційних; рентгено-флуоресцентних (електронного зонду)); методів молекулярної оптичної спектроскопії (молекулярної абсорбційної спектроскопії (спектрофотометрія) і молекулярної люмінесцентної спектроскопії).

Спектрофотометрія. Зв'язок хімічної структури сполуки з абсорбційним спектром. Функціональний аналіз за коливальними й електронними спектрами. Зв'язок оптичної густини з концентрацією. Основний закон світлопоглинання. Основні причини відхилень від закону. Поняття про дійсний і уявний молярний коефіцієнт світлопоглинання. Метрологічні характеристики й аналітичні можливості метода. Приклади практичного використання.

 [2] – с. 301-510; [4] – с. 172-227; [8] – с. 120-341; [9] – с. 151-405; [11] – с. 4-7, 50-91, 179-210.

Змістовий модуль 3.4

Сучасний стан і загальні тенденції розвитку аналітичної хімії

Сучасний стан та загальні тенденції розвитку аналітичної хімії. Аналіз «на місці». Мініатюризація Розпізнавання образів замість покомпонентного аналізу. Комп'ютеризація та автоматизація аналізу. Інтенсифікація аналітичних реакцій. Речовинний аналіз та інші «нестандартні» задачі. Підвищення точності аналізу та його чутливості. Розробка нових аналітичних методів та приладів.

Відносна вагомість та особливості окремих об'єктів аналізу (об'єкти довкілля, продукти споживання, технологічні матеріали). Нові прикладні задачі аналітичної хімії.

Використання досягнень нанохімії, нанотехнології і супрамолекулярної хімії в хімічному аналізі. Наноаналітика.

Математичні методи у практиці роботи хіміко-аналітичних лабораторій. Математичне планування експерименту в аналітичній хімії. Використання ПК в аналітичній хімії. Збір і первинна обробка результатів аналізу, обробка багатокомпонентних спектрів і хроматограм. Керування аналітичними приладами, гібридними засобами аналізатор-ПК.

Засоби та методи оперативного аналітичного контролю, використання тест-методів та сенсорів в аналізі. Мультисенсорні пристрої і розпізнавання образів.

Актуальні задачі і перспективи розвитку аналітичної хімії на Україні.



[6] – с. 5; [8] – с. 404-480; [10] – с. 247-260; [12] – с. 342-364.

2.3 Питання для самоконтролю



Рис. 2

1. У чому полягає принципова різниця між поняттями «аналітична хімія» і «хімічний аналіз»? Який вчений ввів поняття «хімічний аналіз»? Дайте сучасне визначення аналітичної хімії.

2. Назвіть прізвище шведського вченого (рис. 2), який, розробляючи методи аналізу, систематизував як накопичні до нього дані, так і результати власних аналітичних досліджень, завдяки чому хімічний аналіз переверився на науку – аналітичну хімію.

3. Які підходи використовуються для класифікації методів аналітичної хімії, видів і методів хімічного аналізу?

4. Сформулюйте завдання якісного і кількісного аналізів.

5. У чому сутність елементного, молекулярного і фазового аналізу? Для аналізу яких речовин використовується структурно-груповий аналіз?

6. Які маси і об'єми речовин, взятих для аналізу, відповідають напівмікро-, мікро- й ультрамікроаналізу?

7. У чому полягає відмінність періодизації історії розвитку аналітичної хімії від періодизації історії розвитку хімії взагалі? Назвіть періоди розвитку аналітичної хімії, дайте їх коротку характеристику через основні завдання, методи аналізу, розвиток теорії.

8. Охарактеризуйте вклад Р. Бойля, Т.О. Бергмана, А.Л. Лавуазьє, Й.А. Берцеліуса, Ю. Лібіха, К. Мора та К.Р. Фрезеніуса в аналітичну хімію. У який період творили ці вчені?

9. Які сучасні підручники з аналітичної хімії російських та українських авторів Вам відомі? Дайте їх коротку характеристику.

10. В яких наукових журналах відображаються результати досліджень вітчизняних та закордонних вчених з аналітичної хімії? Назвіть відомі Вам прізвища видатних аналітиків – наших сучасників. Чим характеризується сучасний етап розвитку аналітики?

11. Дайте визначення терміну «аналітичний сигнал». Що служить аналітичним сигналом у хімічних методах аналізу, в інструментальних методах аналізу? Відповідь обґрунтуйте, наведіть приклади.

12. Дайте визначення поняттю «аналітична реакція». Назвіть вимоги, що висуваються до аналітичних реакцій, їх класифікацію.

13. Що називають чутливістю реакції, якими параметрами її характеризують? Якими способами можна підвищити чутливість реакції?

14. Як класифікують хімічні реактиви? Як і де їх зберігають?

15. Назвіть метрологічні характеристики методів хімічного аналізу.

16. Якими методами визначається правильність результатів аналізу? Що являють собою стандартні зразки?

17. У чому полягає різниця між систематичними і випадковими погрішностями?

18. Дайте визначення поняттю «об'єкт аналізу». У чому особливість харчових систем як об'єктів аналізу?

19. Наведіть загальну схему аналітичного визначення.

20. Чим обумовлюється спосіб відбору і розмір проби для аналізу? Назвіть можливі джерела помилок у процесі відбору і розкладу проб.

21. Назвіть прізвище відомого російського вченого, зображеного на рис. 3. Який внесок він вніс у розвиток хімічної науки? У чому сутність його теорії розчинів?



Рис. 3

22. Як класифікують розчинники? Наведіть приклади найбільш поширених в аналізі розчинників, їх основні характеристики.

23. Сформулюйте поняття еквівалента, фактора еквівалентності, молярної маси еквівалента.

24. Як розраховують еквіваленти речовин: кислот, основ, солей, окисників, відновників тощо? Наведіть конкретні приклади.

25. Як можна виразити концентрацію речовини у певному об'єкті (розчині)? Напишіть формули.

26. Назвіть методи визначення концентрації розчиненої речовини у розчині.

27. Сформулюйте закон дії мас (ЗДМ). Поясніть різницю між термодинамічною і концентраційною константами рівноваги. Наведіть математичні вирази цих констант.

28. Напишіть рівняння матеріального балансу у загальному вигляді. У чому суть рівняння електронейтральності?

29. Наведіть алгоритм розрахунку рівноважного складу хімічних систем.
30. На основі конкретного прикладу покажіть переваги використання концентраційно-логарифмічних діаграм для опису хімічних рівноваг.
31. Яким параметром визначають силу кислот і основ у класичній теорії кислот і основ?
32. У чому сутність понять «електроліти» і «неелектроліти»?
33. Що таке водневий показник рН? Як його розраховують?
34. Якими методами визначають величину рН у реальних системах?
35. Чому дорівнює іонний добуток води? Як залежить його величина від температури?
36. Які розчини називають буферними? Назвіть найбільш поширені у практиці аналізу буферні розчини.
37. Що називають буферною ємністю? Як її визначають?
38. Дайте визначення гідролізу та константи гідролізу з позицій класичної теорії кислот і основ і з позицій протолітичної теорії.
39. Дайте визначення поняття «координаційні сполуки». Катіони яких металів здатні до комплексоутворення?
40. Чим характеризуються рівноваги у розчинах координаційних сполук?
41. Опишіть властивості і використання координаційних сполук в якісному аналізі катіонів і аніонів. Запишіть рівняння відповідних реакцій.
42. У чому полягає маскування йонів? Наведіть приклади використання маскування в аналізі.
43. Дайте характеристику найважливіших органічних реагентів, що використовуються в аналізі. Назвіть прізвища вчених, які вперше використали органічні реагенти в аналізі.
44. Напишіть рівняння Нернста. Як визначають напрям окисно-відновної реакції? Назвіть чинники, що впливають на напрям ОВР.
45. Які реакції називають автокаталітичними? Наведіть приклади автокаталітичних реакцій.
46. Що таке «кінетичні методи аналізу»? Яке місце займають ці методи в практиці хімічного аналізу?
47. Окисно-відновні властивості води.
48. Дайте визначення гомогенних і гетерогенних систем. Сформулюйте правило добутку розчинності. Як пов'язані між собою добуток розчинності і розчинність малорозчинного електроліту? Напишіть умови утворення й розчинення осадів.

49. Наведіть приклади реакцій осадження, що використовуються в якісному аналізі. Назвіть неорганічні й органічні реагенти, що можуть бути використаними для розділення іонів металів шляхом осадження.

50. Які процеси характеризують різні види співосадження: адсорбцію, оклюзію, післяосадження? Які переваги мають органічні колектори при співосадженні мікрокомпонентів?

51. Що називають екстракцією? Які процеси відбуваються під час екстракції? Наведіть приклади використання екстракції для розділення катіонів і аніонів.

52. Назвіть прізвище вченого – основоположника хроматографії. Як класифікують хроматографічні методи? На чому базується хроматографічне розділення сумішей речовин?

53. Дайте визначення систематичного і дробного ходу якісного аналізу. У яких випадках доцільно використовувати систематичний аналіз?

54. Як розподілені катіони у кислотно-основній системі аналізу катіонів? Назвіть групові реактиви, що використовуються в кислотно-основній системі якісного аналізу катіонів.

55. Складіть таблиці найважливіших характерних реакцій катіонів і аніонів, що використовуються в якісному аналізі.

56. Накресліть схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів різних аналітичних груп.

57. У чому особливості аналізу аніонів? Як їх класифікують? Складіть схему аналізу суміші аніонів першої, другої і третьої аналітичних груп.

58. Складіть схему якісного аналізу сухої речовини, розчинної у воді.

59. Як визначають якісний склад суміші речовин невідомого складу?

60. Назвіть основні типи реакцій, що використовуються в аналітичній хімії, і методи кількісного аналізу, що на них базуються.



Рис. 4

61. В основі кількісного хімічного аналізу лежить закон збереження маси. Сформулюйте його. Назвіть прізвище вченого (рис. 4), яким у 1748 р. був сформульований цей закон, підтверджений ним же експериментально у 1756 р.?

62. Які розчини називаються стандартними? У чому різниця між первинними і вторинними стандартами? Які вимоги висуваються до первинних стандартів?

63. Які вимоги висуваються до реакцій, що використовуються у титриметрії? Дайте класифікацію методів. Назвіть критерії використання прямого, зворотного, замісного титрування.

64. Якого французького вченого вважають основоположником титриметричного аналізу? Назвіть прізвища інших вчених, діяльність яких мала вагомий вплив на розвиток титриметрії.

65. Що являть собою криві титрування? З якою метою їх будують? Як можна використати сучасні комп'ютерні програми для побудови кривих титрування?

66. Назвіть відомі Вам рН-індикатори. Як їх підбирають для кислотно-основного титрування?

67. Якими методами і за якими методиками визначають кислотність харчових систем?

68. Що називають «твердістю води»? Якими методами і за якими методиками визначають загальну, тимчасову, постійну, кальцієву і магнієву твердості води?

69. Охарактеризуйте індикатори, що використовуються у комплексометрії. Які чинники враховуються при підборі метоллоіндикаторів для комплексометричних визначень?

70. Наведіть приклади комплексометричного визначення іонів з використанням зворотного титрування, витиснювального титрування, титрування замісника. Чим визначається вибір способу титрування?

71. Наведіть приклади практичного застосування комплексометричного титрування для визначення вмісту мікроелементів у харчовій продукції.

72. Напишіть рівняння реакцій, що лежать в основі методу аргентометрії. З прізвищами яких вчених пов'язаний цей метод? Як можна встановити кінцеву точку титрування в аргентометрії?

73. Як визначають вміст харчової солі у напівфабрикатах, консервованих продуктах, готових стравах?

74. Назвіть основні методи окисно-відновного титрування, дайте їх коротку характеристику.

75. Напишіть реакції, що проходять при стандартизації робочих розчинів у перманганатометрії і йодометрії.

76. Охарактеризуйте сутність методики перманганатометричного визначення вмісту заліза у досліджуваному розчині.

77. Як проводиться визначення окисників у йодометрії? Які речовини можна визначити прямим титруванням розчином йода?

78. Охарактеризуйте сутність, переваги і недоліки різних методик визначення вмісту аскорбінової кислоти (вітаміну С) у харчових продуктах.



Рис. 5

79. Основи гравіметричного аналізу – історично першого методу кількісного хімічного аналізу – склалися к середині ХІХ ст. завдяки роботам багатьох вчених, насамперед Р. Бойля, Т.У. Бергмана, Й.Я. Берцеліуса, М.Г. Клапрота, Г. Розе, К.Р. Фрезеніуса.

Який вчений зображений на рис. 5? У чому саме полягає його внесок у розвиток гравіметричного аналізу? Який внесок зроблено цим вченим у розвиток аналітичної хімії взагалі?

80. Назвіть вимоги, що висуваються до форми осадження, гравіметричної форми.

81. Що називають гравіметричним фактором? Як його розраховують? Наведіть конкретні приклади.

82. Який метод гравіметричного аналізу використовується для визначення вологості харчової продукції? У чому полягає сутність визначення?

83. Наведіть схему-класифікацію інструментальних методів хімічного аналізу. В яких випадках доцільно використовувати метод порівняння, метод калібрувального графіку, метод добавок?

84. На чому базується використання спектрів у якісному і кількісному аналізах? Охарактеризуйте внесок німецьких вчених Р.В. Бунзена і Г. Кірхгофа у розвиток спектрального аналізу.

85. Назвіть способи реєстрації спектру у спектроскопі, спектрографі, спектрометрі, спектрофотометрі.

86. Сформулюйте основний закон світлопоглинання Бугера-Ламберта-Беера. Назвіть основні причини відхилень від нього.

87. Охарактеризуйте сучасний стан і перспективи використання оптичних методів для створення сенсорів, комп'ютеризації, мініатюризації і автоматизації аналізу. Охарактеризуйте внесок українських вчених у розвиток цих методів.

88. Як класифікують електрохімічні методи аналізу? Які вчені вплинули на появу і розвиток цих методів? Якому вченому і за розвиток якого саме методу у 1959 р. було присуджено Нобелівську премію?

89. Що служить аналітичним сигналом у потенціометричному методі аналізу? Які вимоги висуваються до індикаторного електроду, електроду порівняння?

90. Охарактеризуйте сучасний стан і перспективи використання електрохімічних методів для створення сенсорів, мініатюризації і автоматизації аналізу. Як їх використовують в екоаналітичному контролі? Охарактеризуйте внесок українських вчених у розвиток цих методів.

91. Вважається, що хроматографію було відкрито російським ботаніком М.С. Цветом у 1903 р., але майже до початку 30-х рр. ХХ ст. вона майже не використовувалась в аналізі і знов відродилася лише у 1931 р. після робіт Р. Куна, А. Винтерштайнера, Е. Ледерера. Для яких досліджень використовували хроматографію ці вчені?

92. Які можливості й обмеження мають різні кількісні методи хроматографічного аналізу?

93. З якою метою використовують математичні методи і комп'ютерні бази даних у хроматографії?

94. У чому сутність тонкошарової хроматографії? Ким вперше був описаний цей метод?

95. У чому сутність іонообмінної хроматографії? Які вчені сприяли розвитку цього методу?

96. Наведіть приклади використання хроматографічних методів аналізу для дослідження харчових продуктів. Чи відомі Вам перспективні напрями розвитку цих методів? Охарактеризуйте внесок українських вчених у розвиток цих методів.

97. Як класифікують тест-методи? У чому їх переваги і недоліки?

98. Яку роль сьогодні має використання сенсорів в екоаналітичному контролі, контролі харчових продуктів. Які переваги у порівнянні з по компонентним аналізом мають мультисенсорні пристрої («Електронний ніс», «Електронний язик» та ін.)?

99. Наведіть конкретні приклади використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій в хімічному аналізі.

100. Які математичні методи використовують у практиці роботи хіміко-аналітичних лабораторій для контролю якості і безпечності продовольчих товарів?



3 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

...Аналітична хімія привчає хімічно думати. Досягнення останнього є найбільш важливим при практичних заняттях аналітичною хімією.

Н. А. Меншуткін, 1897 р.

Виконання завдань контрольної роботи студентами заочної форми навчання є обов'язковою складовою частиною навчального процесу, активною формою самостійної роботи студентів та контролю їх знань. Дидактичне значення розв'язування контрольних завдань не підлягає сумніву, оскільки завдяки йому забезпечується більш глибоке та повне засвоєння матеріалу дисципліни, виробляється вміння самостійного використання набутого знання.

4.1 Загальні рекомендації щодо виконання і оформлення

Самостійну роботу з вивчення аналітичної хімії слід проводити послідовно, особливу увагу приділяючи засвоєнню класифікацій, термінології, законів, виводу рівнянь. До виконання завдань контрольної роботи слід приступати лише після опрацювання теоретичних матеріалів змістових модулів дисципліни, складання конспекту, відповідей на запитання для самоконтролю, ретельної проработки прикладів розв'язання типових завдань. Виконання завдань контрольної роботи вимагає акуратності і старанності у розрахунках, сприяє розвитку аналітичного мислення, цілісному й системному засвоєнню матеріалу дисципліни.

Виконання контрольної роботи свідчить про опрацювання студентом відповідних змістових модулів дисципліни та досягнення потрібного рівня підготовки для виконання завдань лабораторного практикуму.

Контрольна робота виконується в окремому зошиті, на обкладинці якого необхідно вказати факультет, курс, групу, назву дисципліни, прізвище, ім'я, по-батькові, серію і номер залікової книжки.

Номер варіанта контрольної роботи видає кожному студенту особисто лектор дисципліни. Контрольна робота, яка виконана не за своїм варіантом, повертається студенту без перевірки.

Номера завдань та їх умови слід записувати обов'язково. Крім того, виконувати завдання необхідно в тій послідовності, у якій вони подані у методичних вказівках.

Роботу слід виконувати охайно, відповіді на запитання повинні бути обґрунтовані. Розрахунки мають супроводжуватись коротким поясненням.

Наприкінці роботи ставиться особистий підпис студента, дата виконання роботи, наводиться список літератури, що використовувалася.

4.2 Варіанти контрольних робіт

Варіант	Номера завдань									
01	1	31	61	91	121	151	181	211	241	271
02	2	32	62	92	122	152	182	212	242	272
03	3	33	63	93	123	153	183	213	243	273
04	4	34	64	94	124	154	184	214	244	274
05	5	35	65	95	125	155	185	215	245	275
06	6	36	66	96	126	156	186	216	246	276
07	7	37	67	97	127	157	187	217	247	277
08	8	38	68	98	128	158	188	218	248	278
09	9	39	69	99	129	159	189	219	249	279
10	10	40	70	100	130	160	190	220	250	280
11	11	41	71	101	131	161	191	221	251	281
12	12	42	72	102	132	162	192	222	252	282
13	13	43	73	103	133	163	193	223	253	283
14	14	44	74	104	134	164	194	224	254	284
15	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285
16	16	46	76	106	136	166	196	226	256	286
17	17	47	77	107	137	167	197	227	257	287
18	18	48	78	108	138	168	198	228	258	288
19	19	49	79	109	139	169	199	229	259	289
20	20	50	80	110	140	170	200	230	260	290
21	21	51	81	111	141	171	201	231	261	291
22	22	52	82	112	142	172	202	232	262	292
23	23	53	83	113	143	173	203	233	263	293
24	24	54	84	114	144	174	204	234	264	294
25	25	55	85	115	145	175	205	235	265	295
26	26	56	86	116	146	176	206	236	266	296
27	27	57	87	117	147	177	207	237	267	297
28	28	58	88	118	148	178	208	238	268	298
29	29	59	89	119	149	179	209	239	269	299
30	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300

4.3 Приклади розв'язання завдань контрольної роботи

Приклад 1. У воді масою 60 г розчинили дигідроген тетраоксосульфат масою 40 г. Використовуючи ці дані, виразити концентрацію речовини H_2SO_4 у розчині усіма відомими способами.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 60 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 40 \text{ г}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4), \chi(\text{H}_2\text{SO}_4), b(\text{H}_2\text{SO}_4), c(\text{H}_2\text{SO}_4), c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) - ?$$

Розв'язання

Масова частка розчиненої речовини у розчині – це відношення маси $m(\text{X})$ компонента, що міститься у розчині (системі), до загальної маси цього розчину (їєї системи) $m(\text{X(p)})$.

$$\text{Форма запису: } \omega(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{m(\text{X(p)})}$$

Одиниця вимірювання відносна. Її виражають у частках одиниці, у відсотках (сота частка одніці, %), проміле (тисячна частка одніці, ‰), у мільйонних частках, ppm (млн⁻¹ – відношення числа масових частин компонента системи до 10⁶ масових частин системи), у мільярдних частках, ppb (млрд⁻¹ – відношення числа масових частин компонента системи до 10⁹ масових частин системи).

Масова частка речовини H_2SO_4 в одержаному розчині дорівнюватиме:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{40}{40 + 60} \cdot 100\% = 40,00\%$$

Молярна або мольна частка розчиненої речовини X у розчині - це відношення кількості речовини компонента X (у молях), що міститься у цьому розчині, до загальної кількості речовин у розчині (в молях).

$$\text{Форма запису: } \chi(\text{X}) = \frac{n(\text{X})}{n(\text{X}) + n(\text{Y}) + \dots} \quad (\chi \text{ читається «капа»})$$

Одиниця вимірювання відносна. Допускається виражати мольну частку в таких же одиницях, як і масову частку розчиненої речовини у розчині.

Для визначення мольної частки речовини H_2SO_4 в одержаному розчині спочатку доцільно розрахувати кількості речовин – компонентів розчину:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{40}{98} = 0,408 \text{ моль,}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{60}{18} = 3,330 \text{ моль.}$$

Після визначення кількостей речовин – компонентів розчину знайдемо мольну частку речовини H_2SO_4 у розчині:

$$\chi(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{0,408}{0,408 + 3,330} \cdot 100\% = 10,91\%$$

Моляльність розчиненої речовини X у розчині – це відношення кількості розчиненої речовини X ($n(\text{X})$) до маси (m) розчинника Y.

Форма запису: $b(\text{X/Y}) = \frac{n(\text{X})}{m(\text{Y})}$.

Одиниця вимірювання: моль/кг.

Моляльність H_2SO_4 у розчині розрахуємо за формулою:

$$b(\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,408}{0,06} = 6,797 \text{ моль/кг}$$

Молярна концентрація речовини у розчині – це кількість речовини у молях ($n(\text{X})$), що міститься у розчині, поділена на об'єм цього розчину – $V(\text{X(p)})$.

Форма запису: $c(\text{X}) = \frac{n(\text{X})}{V(\text{X(p)})}$ або $c(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X}) \cdot V(\text{X(p)})}$

Одиниця вимірювання: моль/дм³ або, для водних розчинів, моль/л (М).

Зв'язок молярної концентрації речовини у розчині з масовою часткою розчиненої речовини у розчині виражається формулою:

$$c(\text{X}) = \frac{10 \cdot \omega(\text{X}) \cdot \rho(\text{X(p)})}{M(\text{X})}$$

Для визначення молярної концентрації спочатку необхідно взяти з довідника величину густини одержаного розчину H_2SO_4

$$\rho(\text{H}_2\text{SO}_4(\text{p})) = 1,303 \text{ г/см}^3 \text{ (для розчину з } \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 40,00\% \text{),}$$

після чого розрахувати молярну концентрацію розчину за формулою:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10 \cdot \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho(\text{H}_2\text{SO}_4(\text{p}))}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{10 \cdot 40,00 \cdot 1,303}{98,08} = 5,3140 \text{ моль/дм}^3.$$

Молярна концентрація речовини еквівалента у розчині – кількість речовини еквівалента $[n(f_{екв}(X)X)]$ у молях, що міститься у розчині, поділена на об'єм цього розчину $[V(X(p))]$.

$$\text{Форма запису: } c(f_{екв}(X)X) = \frac{n(f_{екв}(X)X)}{V(X(p))} = \frac{m(X)}{M(f_{екв}(X)X) \cdot V(X(p))}$$

Одиниця вимірювання: моль/дм³ або, для водних розчинів, моль/л.

Молярна концентрація речовини еквівалента у розчині дорівнює молярній концентрації речовини у розчині, поділеній на фактор еквівалентності:

$$c(f_{екв}(X)X) = c(X)/f_{екв}(X).$$

Зв'язок молярної концентрації речовини еквівалента у розчині з масовою часткою розчиненої речовини у розчині:

$$c(f_{екв}(X)X) = \frac{10 \cdot \omega(X) \cdot \rho(X(p))}{M(f_{екв}(X)X)}$$

Молярну концентрацію речовини еквівалента $\frac{1}{2}H_2SO_4$ у розчині можемо розрахувати за формулою:

$$c(\frac{1}{2}H_2SO_4) = \frac{10 \cdot \omega(H_2SO_4) \cdot \rho(H_2SO_4(p))}{M(\frac{1}{2}H_2SO_4)} = \frac{10 \cdot 40,00 \cdot 1,303}{\frac{1}{2} \cdot 98,08} = 10,6281 \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь: 40,00%; 6,797 моль/кг; 5,3140 моль/дм³; 10,6281 моль/дм³.

Приклад 2. Обчислити граничне розбавлення, границю виявлення, граничну концентрацію і показник чутливості реакції виявлення 0,005 мкг речовини K^+ у розчині об'ємом 0,05 см³.

Дано:

$$m_{\min}(K^+) = 0,005 \text{ мкг}; V_{\min}(K^+_{(p.)}) = 0,05 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{гран.}}(K^+_{(p.)}); c_{\text{гран.}}(K^+); c_{\min,1}(K^+); pD - ?$$

Розв'язання

Відкриваний мінімум або абсолютна чутливість ($m_{\min}(X)$) – це найменша маса речовини, яка відкривається дією даного реактиву за певних умов.

Одиниці вимірювання: мкг (10^{-6} г), нг (10^{-9} г), пг (10^{-12} г).

Мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину ($V_{\min}(X_{(p.)})$) – об'єм досліджуваного розчину, який містить відкриваний мінімум.

Одиниці вимірювання: см³.

Граничне розбавлення (чутливість визначення) ($V_{\text{гран}}(X_{(p.)})$) – це величина, обернена граничній концентрації, вона показує, в якому найбільшому об’ємі (в см^3) досліджуваного розчину міститься досліджувана речовина масою 1 г. Одиниці вимірювання: $\text{см}^3/\text{г}$.

$$V_{\text{гран.}}(\text{K}^+_{(p.)}) = \frac{V_{\text{min}}(\text{K}^+_{(p.)}) \cdot 10^6}{m_{\text{min}}(\text{K}^+)} = \frac{0,05 \cdot 10^6}{0,005} = 1 \cdot 10^7 \text{ см}^3/\text{г}.$$

Гранична (або найменша) концентрація ($c_{\text{гран}}(X)$) – це відношення однієї масової частини речовини, яку виявляють, до найменшої маси розчинника, вираженої в тих же одиницях. Якщо розчинником є вода, то число грамів її дорівнює числу кубічних сантиметрів, тому масу розчину можна вважати рівною масі розчинника, а оскільки розчин дуже розбавлений, то число грамів його прирівнюють числу кубічних сантиметрів.

Одиниці вимірювання: $\text{г}/\text{см}^3$.

$$c_{\text{гран.}}(\text{K}^+) = 1 : \frac{1}{V_{\text{гран.}}(\text{K}^+_{(p.)})} = 1 : \frac{1}{1 \cdot 10^7} = 1 : (1 \cdot 10^{-7}) \text{ г}/\text{см}^3.$$

Границя (або межа) виявлення ($c_{\text{min},P}(X)$) – це найменша маса речовини, яку можна виявити цією реакцією із заданою ймовірністю P. Для впевненого виявлення P повинна дорівнювати одиниці, тому практично користуються $c_{\text{min},1}(X)$. Це найменший вміст речовини X, яку виявляють, при якому сигнал настільки інтенсивний, що завжди одержують позитивний результат.

Одиниці вимірювання: $\text{г}/\text{см}^3$.

$$c_{\text{min},1}(\text{K}^+) = \frac{1}{V_{\text{гран.}}(\text{K}^+_{(p.)})} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ г}/\text{см}^3.$$

Показник чутливості (pD) – це від’ємний десятковий логарифм границі виявлення.

$$pD = -\lg c_{\text{min},1}(\text{K}^+) = -\lg(1 \cdot 10^{-7}) = 7.$$

Відповідь: $1 \cdot 10^7 \text{ см}^3/\text{г}$; $1 : (1 \cdot 10^{-7}) \text{ г}/\text{см}^3$; $1 \cdot 10^{-7} \text{ г}/\text{см}^3$; 7.

Приклад 3. Визначити масу речовини натрій хлориду (NaCl) у 100 см^3 розчину та молярну концентрацію речовини натрій хлориду у розчині, якщо граничне розбавлення реакції виявлення натрій-катіону з цинк триураніл(2+)ацетатом $[\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8]$ становить $500000 \text{ см}^3/\text{г}$.

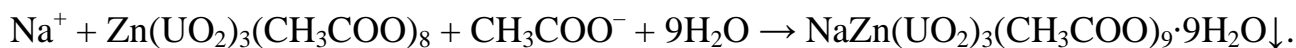
Дано:

$$V_{\text{гран.}}(\text{Na}^+_{\text{(р.)}}) = 500000 \text{ см}^3/\text{Г}$$

$$V(\text{NaCl}_{\text{(р.)}}) = 100 \text{ см}^3$$

$m(\text{NaCl})$; $c(\text{NaCl})$ – ?

Розв'язання



Знайдемо масу речовини натрій-катиону, що міститься в 100 см^3 гранично розбавленого розчину:

$$m(\text{Na}^+) = \frac{1 \cdot 100}{5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Г.}$$

Знайдемо, яка маса речовини натрій хлориду міститься в 100 см^3 розчину:

Na	→	NaCl
1 моль		1 моль
23 г/моль		58,5 г/моль
23 г		58,5 г
$2 \cdot 10^{-4}$ Г		x Г

$$m(\text{NaCl}) = \frac{58,5 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{23} = 5,09 \cdot 10^{-4} \text{ Г.}$$

Тоді в 1 дм^3 розчину міститься $m(\text{NaCl}) = 5,09 \cdot 10^{-3} \text{ Г.}$

Розрахуємо молярну концентрацію речовини натрій хлориду у розчині:

$$c(\text{NaCl}) = \frac{5,09 \cdot 10^{-3}}{58,5 \cdot 1} = 8,7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь: $5,09 \cdot 10^{-4}$ Г; $8,7 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³.

Приклад 4. Обчислити допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента хром(III)-катиону у розчині при відкритті манган(II)-катиону діамоній гексаоксопероксодисульфатом $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2(\text{O}_2)\text{O}_6]$ у присутності каталізатору AgNO_3 , якщо граничне відношення манган(II)-катионів до хром(III)-катионів дорівнює 1:40, відкриваний мінімум манган(II)-катиону становить 0,5 мкг, а для реакції необхідно взяти $0,05 \text{ см}^3$ досліджуваного розчину.

Дано:

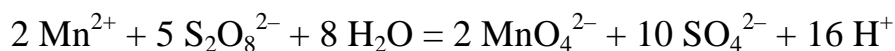
$$m(\text{Mn}^{2+}) = 0,5 \text{ мкг}$$

$$V(\text{Mn}^{2+}_{(р.)}) = 0,05 \text{ см}^3$$

$$m(\text{Mn}^{2+}) : m(\text{Cr}^{3+}) = 1 : 40$$

$$c(f_{\text{екв.}}(\text{Cr}^{3+}) \text{ Cr}^{3+}) - ?$$

Розв'язання



Вплив стороннього іону на характерну реакцію даного іона з відповідним реактивом залежить від їх концентрації і умов проведення реакції. Він характеризується *граничним відношенням*, яке показує при якому співвідношенні маси речовини визначуваного іону та маси речовини стороннього іону можливо виявити, тобто відкрити даний іон:

$$\text{Граничне відношення} = \frac{\text{маса визначуваного іону}}{\text{маса стороннього іону}}$$

Граничне відношення є *мірою специфічності реакції*. Знання граничного відношення дозволяє знаходити допустимі концентрації іонів у досліджуваному розчині, а також показники чутливості реакції.

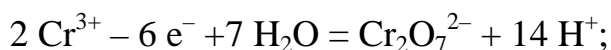
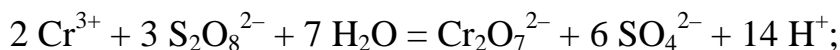
Знайдемо масу речовини хром(III)-катіону в 0,05 см³ досліджуваного розчину:

$$m(\text{Cr}^{3+}) = 0,5 \cdot 10 = 20 \text{ мкг.}$$

Маса речовини хром(III)-катіону в 1 дм³ досліджуваного розчину дорівнюватиме:

$$m(\text{Cr}^{3+}) = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,05 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \text{ г/дм}^3.$$

Розрахуємо допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента Cr^{3+} - іону в досліджуваному розчині.



$$f_{\text{екв.}}(\text{Cr}^{3+}) = \frac{1}{3}.$$

$$c\left(\frac{1}{3}\text{Cr}^{3+}\right) = \frac{m(\text{Cr}^{3+})}{M\left(\frac{1}{3}\text{Cr}^{3+}\right) \cdot V(\text{Cr}^{3+}(\text{p.}))},$$

$$c\left(\frac{1}{3}\text{Cr}^{3+}\right) = \frac{0,4}{\frac{1}{3} \cdot 51,996 \cdot 1} = 0,02307 \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь: 0,02307 моль/дм³.

Приклад 5. Розрахуйте рН 0,0010 М розчину хлоридної кислоти.

Дано:

$$c_{\text{HCl}} = 0,0010 \text{ моль/дм}^3$$

рН – ?

Розв'язання

Хлоридна кислота є сильною кислотою, у водних розчинах вона іонізована повністю:



тому: $[\text{H}^+] = c_{\text{HCl}} = 0,0010 \text{ моль/дм}^3,$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 3,00.$$

Відповідь: 3,00.

Приклад 6. Розрахуйте рН 0,0010 М розчину натрій гідроксиду.

Дано:

$$c_{\text{NaOH}} = 0,0010 \text{ моль/дм}^3$$

рН – ?

Розв'язання

Оскільки маємо розчин лугу (сильної основи), то:

$$[\text{OH}^-] = c_{\text{NaOH}} = 0,0010 \text{ моль/дм}^3,$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-11} \text{ моль/дм}^3,$$

$$\text{pH} = 11,00.$$

Можна розв'язати й по-іншому:

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\lg[\text{OH}^-] = 3,00, \\ \text{pH} &= 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - 3,00 = 11,00. \end{aligned}$$

Відповідь: 11,00.

☝ Розрахунки, подібні до наведених у приладах 5 і 6, можна проводити лише за умови, що в розчині немає інших донорів протонів або їх можна не враховувати. Так, у достатньо концентрованих розчинах сильних кислот ($c \geq 1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³) на протони, що утворюються внаслідок дисоціації води, можна не зважати. У менш концентрованих розчинах дисоціацію води слід враховувати.

Приклад 7. Розрахуйте pH $1,0 \cdot 10^{-8}$ М розчину хлоридної кислоти.

Дано:

$$c_{\text{HCl}} = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$$

pH – ?

Розв'язання

Запишемо рівняння електронейтральності:

$$[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-],$$

де концентрація гідроген-іонів є сумою гідроген-іонів, що утворюються внаслідок дисоціації хлоридної кислоти, та гідроген-іонів, що утворюються внаслідок дисоціації води, що й виражається першою та другою складовою у правій частині рівняння.

$$[\text{OH}^-] = [\text{H}^+] - [\text{Cl}^-].$$

Оскільки хлоридна кислота є сильною кислотою, то $[\text{Cl}^-] = c_{\text{HCl}}$.

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] \cdot ([\text{H}^+] - c_{\text{HCl}}),$$

$$[\text{H}^+]^2 - c_{\text{HCl}} \cdot [\text{H}^+] - K_w = 0,$$

$$[\text{H}^+]^2 - 1,0 \cdot 10^{-8} \cdot [\text{H}^+] - 1,0 \cdot 10^{-14} = 0,$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1,0 \cdot 10^{-8} + \sqrt{1,0 \cdot 10^{-16} + 4 \cdot 1,0 \cdot 10^{-14}}}{2} = 1,05 \cdot 10^{-7} \text{ моль/дм}^3,$$

$$\text{pH} = 6,98.$$

Без урахування дисоціації води отримали б помилковий результат: $\text{pH} = 8,00$.

Відповідь: 6,98.

Приклад 8. Розрахувати рівноважну концентрацію карбонат-іонів при $\text{pH} 6,00$ в розчині карбонатної кислоти концентрації $1,25 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³.

Дано:

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3) = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3$$

$$\text{pH} = 6,00$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] - ?$$

Розв'язання

Запишемо рівняння матеріального балансу для розчину карбонатної кислоти:

$$c_{\text{H}_2\text{CO}_3} = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

Виразимо рівноважні концентрації гідрокарбонат-іона та карбонатної кислоти через концентрацію карбонат-іона, використовуючи для цього вирази констант кислотності карбонатної кислоти, й підставимо у рівняння матеріального балансу:

$$\begin{aligned} c_{\text{H}_2\text{CO}_3} &= [\text{CO}_3^{2-}] + \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{K_a(\text{HCO}_3^-)} + \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_a(\text{HCO}_3^-)} = \\ &= [\text{CO}_3^{2-}] \cdot \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a(\text{HCO}_3^-)} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_a(\text{HCO}_3^-)} \right) \end{aligned}$$

З одержаного рівняння шляхом нескладних математичних претворень виразимо рівноважну концентрацію карбонат-іону й одержимо:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{c_{\text{H}_2\text{CO}_3} \cdot K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_a(\text{HCO}_3^-)}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] \cdot K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) + K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_a(\text{HCO}_3^-)} =$$

$$= \frac{1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5,0 \cdot 10^{-11}}{(1,0 \cdot 10^{-6})^2 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 4,5 \cdot 10^{-7} + 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5,0 \cdot 10^{-11}} = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$$

Відповідь: $[\text{CO}_3^{2-}] = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$.

Приклад 9. Обчислити ступінь дисоціації та константу дисоціації ацетатної кислоти, якщо 0,1 моль/л розчин її має рН=2,87.

Дано:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1 \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = 2,87$$

$$\alpha - ? \quad K_a - ?$$

Розв'язання

За значенням рН розрахуємо концентрацію гідроген-іонів:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,87} = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Ацетатна кислота у водних розчинах є слабким електролітом, вона дисоціює за рівнянням:



З рівняння дисоціації кислоти бачимо, що концентрація кожного з іонів дорівнює концентрації дисоційованих молекул кислоти, тобто:

$$c_{\text{дис}} = [\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Ступінь дисоціації ацетатної кислоти за цих умов дорівнюватиме:

$$\alpha = \frac{c_{\text{дис}}}{c_{\text{кислоти}}} = \frac{1,34 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 1,34\% .$$

Знайдемо концентрацію недисоційованих молекул кислоти в розчині:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = c - \alpha \cdot c = 0,1 - 1,34 \cdot 10^{-3} = 0,09866 \text{ моль/л}$$

Константа дисоціації ацетатної кислоти у водному розчині має вигляд:

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} .$$

Підставимо одержані дані й одержимо величину константи дисоціації за умов задачі:

$$K_a = \frac{1,34 \cdot 10^{-3} \cdot 1,34 \cdot 10^{-3}}{0,09866} = 1,82 \cdot 10^{-5}.$$

Відповідь: 1,34%; $1,82 \cdot 10^{-5}$.

Приклад 10. Розрахувати величину рН і ступінь дисоціації 0,2 М розчину ацетатної кислоти з урахуванням іонної сили розчину.

Дано:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,2 \text{ моль/л}$$

$$\text{рН} - ? \quad \alpha - ?$$

Розв'язання

Значення константи дисоціації ацетатної кислоти, необхідне для розв'язування задачі, беремо з довідника:

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,74 \cdot 10^{-5} (\mu=0).$$

Знайдемо наближену молярну концентрацію H^+ -іонів у розчині:



$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-].$$

Оскільки ацетатна кислота є слабкою кислотою, її ступінь дисоціації – мала величина, припускаємо, що

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = c(\text{CH}_3\text{COOH})$$

Тоді з рівняння ЗДМ

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

після підставлення відомих величин шляхом нескладних математичних перетворень, одержимо:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \sqrt{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Іонну силу розчину розраховують за формулою:

$$\mu = \frac{1}{2} \sum c_i \cdot z_i^2, \text{ де } z_i - \text{заряд іона.}$$

Ацетатна кислота – бінарний електроліт:

$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Іонна сила розчину дорівнюватиме:

$$\mu = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Точне значення константи дисоціації ацетатної кислоти (з урахуванням іонної сили розчину) розрахуємо за рівнянням Девіс:

$$pK = pK^\circ - \Delta n z^2 \cdot 0,5 \cdot \left[\frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} - 0,2\sqrt{\mu} \right].$$

Зарядна характеристика реакції дисоціації ацетатної кислоти дорівнює:

$$\Delta n z^2 = z_{\text{H}^+}^2 + z_{\text{CH}_3\text{COO}^-}^2 - z_{\text{CH}_3\text{COOH}}^2 = 1 + 1 - 0 = 2.$$

Зарядна характеристика цієї реакції більше нуля, тобто зі збільшенням іонної сили розчину величина константи дисоціації кислоти буде збільшуватись.

Підставимо дані й розрахуємо величину константи:

$$pK = 4,76 - 2 \cdot 0,5 \cdot \left[\frac{\sqrt{1,87 \cdot 10^{-3}}}{1 + \sqrt{1,87 \cdot 10^{-3}}} - 0,2\sqrt{1,87 \cdot 10^{-3}} \right] = 4,72$$

$$K = 10^{-4,72} = 1,92 \cdot 10^{-5}.$$

За уточненою величиною константи дисоціації ацетатної кислоти знайдемо молярну концентрацію гідроген-іонів і величину рН розчину:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1,92 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

$$\text{pH} = -\lg 1,96 \cdot 10^{-3} = 2,71.$$

За рівнянням Оствальда знайдемо ступінь дисоціації:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,92 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ або } 0,98\%.$$

Відповідь: 0,98%, 2,71.

Приклад 11. Обчислити рН у 0.01 М водному розчині калій ацетату CH_3COOK за 25°C . ($K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.74 \cdot 10^{-5}$).

Дано:

$$c(\text{CH}_3\text{COOK}) = 0.01 \text{ моль/дм}^3$$

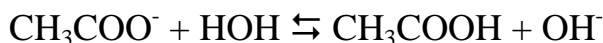
$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.74 \cdot 10^{-5}$$

$$t, ^\circ\text{C} = 25$$

рН – ?

Розв'язання

Запишемо рівняння рівноваг у розчині, враховуючи, що калій ацетат – сіль, утворена сильною основою і слабкою кислотою, отже вступає в реакцію гідролізу:



Константа рівноваги матиме вигляд:

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{K_w}{K_a(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1.74 \cdot 10^{-5}} = 5.7 \cdot 10^{-10}$$

Знайдемо молярну концентрацію гідроген(1+)-іона у розчині:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{\sqrt{K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOK})}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{\sqrt{5.7 \cdot 10^{-10} \cdot 0.01}} = 4.2 \cdot 10^{-9} \text{ моль/дм}^3$$

Знаходимо рН розчину:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = -\lg 4.2 \cdot 10^{-9} = 8.38$$

Відповідь: 8,38.

Приклад 12. Обчислити рН у розчині амоній хлориду (NH_4Cl) з молярною концентрацією речовини NH_4Cl 0.01 моль/дм^3 , якщо відомо, що величина константи основності $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ дорівнює $1.76 \cdot 10^{-5}$.

Дано:

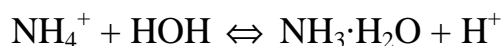
$$c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0.01 \text{ моль/дм}^3$$

$$K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.76 \cdot 10^{-5}$$

рН – ?

Розв'язання

Розрахуємо константу гідролізу амоній-іона:



$$K_a = \frac{K_w}{K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5}} = 5,68 \cdot 10^{-10}$$

Знайдемо молярну концентрацію гідроген(1+)-іонів у розчині:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot c(\text{NH}_4^+)} = \sqrt{5,68 \cdot 10^{-10} \cdot 0,01} = 2,38 \cdot 10^{-6}$$

Розрахуємо рН розчину:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 2,38 \cdot 10^{-6} = 5,62$$

Відповідь: 5,62.

Приклад 13. Знайти рН і рОН буферної системи, в 1 дм³ якої міститься по 0.5 моль NH₃·H₂O і NH₄Cl.

Дано:

$$c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0.5 \text{ моль/дм}^3$$

рН, рОН – ?

Розв'язання

Для розв'язання задачі необхідно взяти з довідника значення константи основності амоній гідроксиду:

$$K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.76 \cdot 10^{-5}.$$

Знайдемо молярну концентрацію гідроксид-іонів у розчині:

$$c(\text{OH}^-) = K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot \frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}{c(\text{NH}_4\text{Cl})} = 1,76 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,5}{0,5} = 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$$

Величини рН і рОН буферної системи дорівнюватимуть:

$$\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) = -\lg 1,76 \cdot 10^{-5} = 4,755 = 4,76$$

$$\text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - 4,76 = 9,24.$$

Відповідь: 9,24; 4,76.

Приклад 14. Знайти рН буферної системи, одержаної змішуванням 20 см³ розчину ацетатної кислоти з молярною концентрацією речовини CH₃COOH 0,25 моль/дм³ і 20 см³ розчину натрій ацетату з молярною концентрацією речовини CH₃COONa 0,50 моль/дм³.

Дано:

$$V(\text{CH}_3\text{COOH}) = V(\text{CH}_3\text{COONa}) = 20 \text{ см}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,25 \text{ моль/дм}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,50 \text{ моль/дм}^3$$

рН – ?

Розв'язання

Для розв'язання задачі необхідно взяти з довідника значення константи кислотності ацетатної кислоти:

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

Знаходимо загальний об'єм буферної системи після змішування розчинів:

$$V_{\text{заг}} = 20 + 20 = 40 \text{ см}^3$$

Молярні концентрації кислоти і солі у розчині після змішування доіснуюватимуть:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,25 \cdot 20}{40} = 0,125 \text{ моль/дм}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{0,50 \cdot 20}{40} = 0,250 \text{ моль/дм}^3$$

Молярну концентрацію гідроген(1+)-іонів у розчині визначаємо за формулою:

$$c(\text{H}^+) = K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{CH}_3\text{COONa})} = 1,74 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,125}{0,250} = 8,7 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$$

Тоді рН буферної системи дорівнюватиме:

$$\text{рН} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 8,7 \cdot 10^{-6} = 5,06$$

Відповідь: 5,06.

Приклад 15. Розрахувати, якою стане величина рН, якщо до 1,0 л буферного розчину, що складається з 0,010 М ацетатної кислоти та 0,010 М натрій ацетату, додати $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль хлоридної кислоти.

Дано:

$$V(\text{буферного р-ну}) = 1,0 \text{ л}$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,010 \text{ моль/л}$$

$$c(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,010 \text{ моль/л}$$

$$n(\text{HCl}) = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

рН – ?

Розв'язання

Розрахуємо рН вихідного буферного розчину:

$$[\text{H}^+] = K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{CH}_3\text{COONa})} = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,010}{0,010} = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

$$\text{рН} = 4,75.$$

Загальна концентрація буферного розчину дорівнює:

$$c = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COONa}] = 0,010 + 0,010 = 0,020 \text{ моль/л.}$$

Для такого достатньо концентрованого буферного розчину буферну ємність слід розраховувати за формулою:

$$\pi = 2,303 \cdot \frac{c_{\text{HA}} \cdot c_{\text{A}^-}}{(c_{\text{HA}} + c_{\text{A}^-})^2}.$$

Після підставлення даних отримаємо такий результат:

$$\pi = 2,303 \cdot \frac{0,010 \cdot 0,010}{(0,010 + 0,010)^2} = 1,15 \cdot 10^{-2}.$$

Розрахуємо зміну величини рН:

$$\Delta \text{рН} = \frac{\Delta c_{\text{HCl}}}{\pi} = -\frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{1,15 \cdot 10^{-2}} = -0,087.$$

Таким чином, після додавання хлоридної кислоти рН буферного розчину дорівнюватиме:

$$\text{рН} = 4,75 - 0,087 = 4,66.$$

Цю задачу можна розв'язати в інший спосіб – без розрахунків буферної ємності. Для цього слід знайти кількості компонентів буферної суміші до та після додавання хлоридної кислоти.

У вихідному розчині:

$$n(\text{HA}) = cV = 0,010 \cdot 1,0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль,}$$

$$n(\text{A}^-) = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

Після додавання $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль хлоридної кислоти:

$$n(\text{HA}) = 1,0 \cdot 10^{-2} + 1,0 \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ моль,}$$

$$n(\text{A}^-) = 1,0 \cdot 10^{-2} - 1,0 \cdot 10^{-3} = 0,9 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

Рівноважна концентрація гідроген-іонів і величина рН дорівнюватимуть:

$$[\text{H}^+] = 1,75 \cdot 10^{-5} \frac{1,10 \cdot 10^{-2}}{0,90 \cdot 10^{-2}} = 2,13 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = 4,66.$$

Відповідь: 4,66.

Приклад 16. До 20,00 мл 0,15М розчину купрум(II)- сульфату додали 10,00 мл 6М розчину амоніаку. Розрахувати рівноважну концентрацію купрум(II) катіонів в розчині, що утворився.

Дано:

$$c(\text{CuSO}_4) = 0,15 \text{ моль/л}$$

$$V(\text{CuSO}_4) = 20,00 \text{ мл}$$

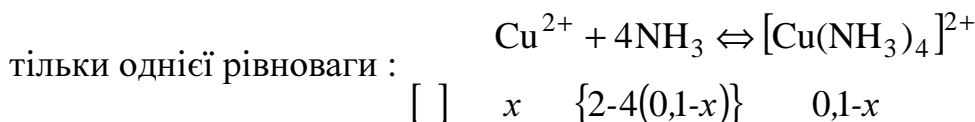
$$c(\text{NH}_3) = 6 \text{ моль/л}$$

$$V(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 10,00 \text{ мл}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] - ?$$

Розв'язання

Враховуючи розведення, $c(\text{Cu}^{2+}) = 0,1$ моль/л та $c(\text{NH}_3) = 2$ моль/л. При такому співвідношенні початкових концентрацій основним продуктом взаємодії будуть комплексні іони $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ і розрахунки можна проводити з врахуванням



Так як $K = 1,1 \cdot 10^{12}$ велика, можна припустити, що рівноважна концентрація іонів купрум(II) дуже мала порівняно з вихідною, тобто $x \ll 0,1$. Тоді маємо:

$$0,1/x \cdot 1,6^4 = 1,1 \cdot 10^{12},$$

звідки $x = [\text{Cu}^{2+}] = 1,4 \cdot 10^{-14}$ моль/л.

Таким чином, рівноважна концентрація купрум(II) катіонів у розчині, що утворився, дорівнює величині $1,4 \cdot 10^{-14}$ моль/л.

Відповідь: $1,4 \cdot 10^{-14}$ моль/л.

Приклад 17. Обчислити рівноважні молярні концентрації речовин аргентум(1+)-іона і його амоніакатних комплексів, якщо початкові молярні концентрації їх у розчині дорівнюють $0,01$ моль/дм³ і $0,1$ моль/дм³ відповідно.

Дано:

$$c(\text{Ag}^+) = 0,01 \text{ моль/дм}^3.$$

$$c(\text{NH}_3) = 0,1 \text{ моль/дм}^3.$$

$$[\text{Ag}^+], [\text{Ag}(\text{NH}_3)^+], [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] - ?$$

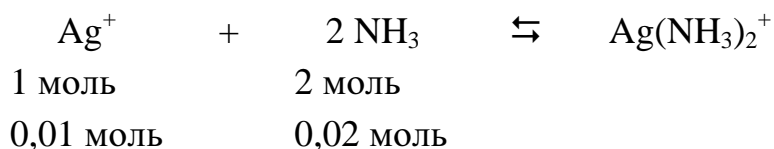
Для розв'язування прикладу необхідно:

а) взяти з довідника величини ступінчастих констант утворення комплексів: $\text{p}K_1(\text{Ag}(\text{NH}_3)^+) = -3,32$; $\text{p}K_2(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = -7,23$.

б) знехтувати молярною концентрацією речовини вільних молекул амоніаку, що утворюються внаслідок дисоціації комплексів.

Розв'язання

Визначимо рівноважну молярну концентрацію амоніаку у розчині. Оскільки амоніак – у надлишку, припускаємо, що утворюється комплекс з координаційним числом 2. Тоді:



Отже, $[\text{NH}_3] = 0,1 - 0,02 = 0,08$ моль/дм³.

Визначимо мольні частки речовин усіх частинок у розчині:

$$\begin{aligned}\chi(\text{Ag}^+) &= \frac{1}{1 + 10^{3,32} \cdot 0,08 + 10^{7,23} \cdot (0,08)^2} = \\ &= \frac{1}{1 + 167,1 + 109687,4} = \frac{1}{108855,5} = 9,186 \cdot 10^{-6};\end{aligned}$$

$$\chi(\text{Ag}(\text{NH}_3)^+) = \frac{167,1}{108855,5} = 1,535 \cdot 10^{-3};$$

$$\chi(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = \frac{108687,4}{108855,5} = 0,9984.$$

Тоді рівноважні молярні концентрації речовин усіх частинок у розчині дорівнюватимуть:

$$[\text{Ag}^+] = 9,186 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01 = 9,186 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+] = 1,535 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 = 0,535 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = 0,9984 \cdot 0,01 = 9,984 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3.$$

Отже, при наявності надлишку лігандів утворюються переважно комплексні іони $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ (майже 100%) і допущення, зроблене при обчисленні рівноважної молярної концентрації NH_3 , правильне.

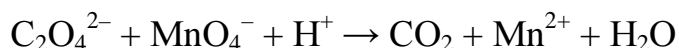
Відповідь: $[\text{Ag}^+] = 9,186 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+] = 0,535 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$;

$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = 9,984 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3.$$

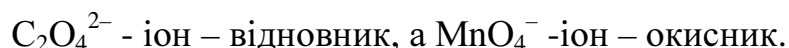
Приклад 18. Скласти рівняння реакції окиснення оксалат-іона ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) тетраоксоманганат(VII)-іоном (MnO_4^-) у кислому середовищі.

Розв'язання

1. Складають загальну йонну схему реакції окиснення-відновлення:

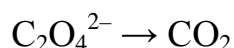


2. Визначають відновник і окисник:

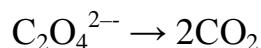


3. Складають окремо іонно-електронне рівняння для реакції окиснення відновника, тобто першу напівреакцію.

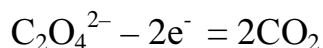
Окиснення оксалат-іона проходить за схемою:



Спочатку урівнюють число атомів кожного елемента у схемі:

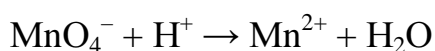


Потім урівнюють число зарядів у лівій і правій частинах схеми зарядом електрона і записують йонно-електронне рівняння, тобто рівняння першої напівреакції:

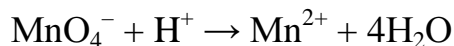


4. Складають окремо йонно-електронне рівняння для реакції відновлення окисника, тобто другу напівреакцію.

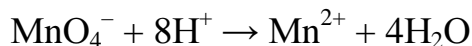
Тетраоксоманганат(VІІ)-іон у кислому середовищі відновлюється до манган(2+)-іона. Схема відновлення окисника:



Урівнюють число атомів Оксигену в лівій і правій частинах схеми:



Із схеми видно, що гідроген(1+)-іони зв'язують атоми Оксигену (оксид-іони), утворюючи молекули води. Урівнюють число гідроген-іонів:



Щоб одержати рівняння другої напівреакції, урівнюють число зарядів у лівій і правій частинах схеми. Сума зарядів у лівій частині схеми дорівнює:

$$(-1) \cdot 1 + (+1) \cdot 8 = +7.$$

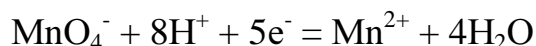
У правій частині схеми сума зарядів дорівнює:

$$(+2) \cdot 1 = +2.$$

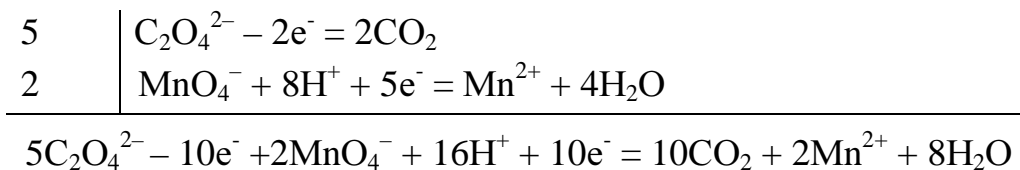
Отже, в ліву частину схеми необхідно додати п'ять електронів, тоді

$$(-1) \cdot 1 + (+1) \cdot 8 + 5e^- = +2.$$

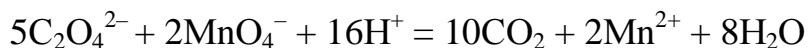
Урівнявши число зарядів, одержують йонно-електронне рівняння реакції відновлення окисника, тобто другу напівреакцію:



5. Знаходять суму першої і другої напівреакцій, знайшовши найменше спільне кратне для відданих і приєднаних електронів, і виводять повне йонно-електронне рівняння цієї реакції:



6. Записують повне іонне рівняння:



Перевіряють правильність складання цього повного йонного рівняння, тобто урівнюють числа атомів і зарядів у лівій і правій частинах рівняння. Для цього підраховують число атомів кожного елемента в лівій і правій частинах рівняння.

Підраховують число зарядів у лівій і правій частинах рівняння. Сума зарядів у лівій частині рівняння дорівнює:

$$(-2) \cdot 5 + (-1) \cdot 2 + (+1) \cdot 16 = +4.$$

Сума зарядів у правій частині рівняння дорівнює:

$$(+2) \cdot 2 = +4.$$

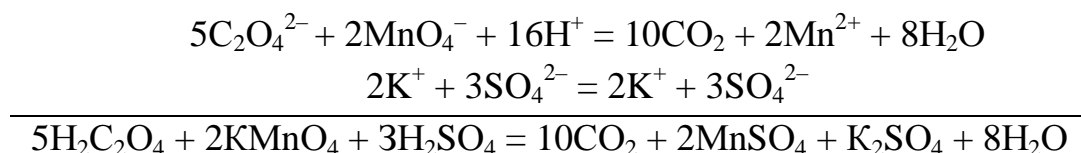
Числа зарядів рівні. Отже, повне іонно-електронне рівняння окисно-відновної реакції складене вірно.

7. Записують молекулярне рівняння реакції, підібравши протиіони: оксалат-іон ($C_2O_4^{2-}$) може бути у складі молекули оксалатної кислоти чи її солі. Можна взяти молекулу оксалатної кислоти ($H_2C_2O_4$).

Тетраоксоманганат(VII)-іон (MnO_4^-) беруть у складі калій чи натрій тетраоксоманганату(VII). Нехай буде калій тетраоксоманганат(VII) ($KMnO_4$). Отже, до аніонів підібрали катіони.

Гідроген(1+)-іон є у складі кислоти. Середовищем беруть сульфатну(VI) кислоту H_2SO_4 . Таким чином, сульфат(VI)(2-) -аніон (SO_4^{2-}) буде протиіоном гідроген(1+) -іону.

Під іонним рівнянням у лівій частині записують ті йони, які будуть у складі відновника, окисника і середовища. Ці йони і в такій же кількості дописують у праву частину рівняння, після чого йони об'єднують у молекули:



Приклад 19. Визначити, чи буде хлорна вода окиснювати калій бромід?

Розв'язання

Для відповіді на питання необхідно:

1) взяти з довідника значення стандартних окисно-відновних потенціалів пар $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$ і $\text{Br}_2/2\text{Br}^-$:

$$E^0_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} = +1.359\text{В}, E^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = +1.087\text{В}.$$

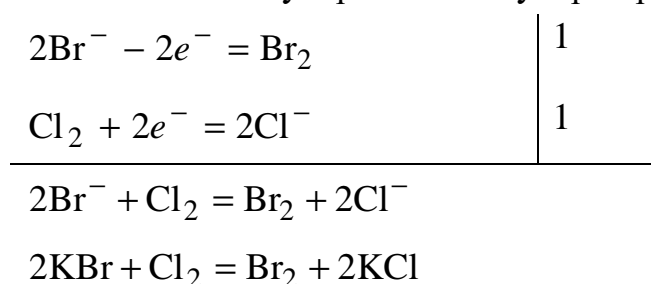
Більша величина стандартного потенціалу у пари $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$, отже, вона буде окисником по відношенню до пари $\text{Br}_2/2\text{Br}^-$.

2) знайти різницю стандартних окисно-відновних потенціалів:

$$\Delta E^0 = E^0_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} - E^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = 1,359\text{В} - 1,087\text{В} = 0,282\text{В}.$$

Різниця позитивна, тому реакція можлива.

3) скласти іонно-молекулярне і молекулярне рівняння реакції:



Відповідь: хлорна вода буде окиснювати калій бромід.

Приклад 20. Розчинність калій сульфату(VI) (K_2SO_4) у воді масою 100 г за 18 °С дорівнює 11.12 г. Обчислити масову частку (%) речовини калій сульфату в насиченому розчині його.

Дано:

$$S(\text{K}_2\text{SO}_4) = m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 11.12 \text{ г (18}^\circ\text{C)}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$$

$$\omega(\%)(\text{K}_2\text{SO}_4)\text{-?}$$

Розв'язання

Знайдемо масу розчину калій сульфату (K_2SO_4):

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4(\text{p})) = 11,12 + 100 = 111,12 \text{ г}$$

Розрахуємо масову частку (%) калій сульфату (K_2SO_4) у насиченому водному розчині його:

$$\omega(\%)(K_2SO_4) = \frac{m(K_2SO_4)}{m(K_2SO_4(p))} \cdot 100\% = \frac{11,12}{111,12} \cdot 100\% = 10,0\%$$

Відповідь: 10,0 %.

Приклад 21. Чи утвориться осад, якщо до 0,01 М розчину плюмбум динітрату додати рівний об'єм 0,01 М розчину калій сульфату?

Дано:

$$V(Pb(NO_3)_2) = V(K_2SO_4)$$

$$c(Pb(NO_3)_2) = c(K_2SO_4) = 0,01 \text{ моль/дм}^3.$$

Чи утвориться осад?

Для розв'язання необхідно взяти з довідника значення добутку розчинності тієї малорозчинної сполуки, яка утворюється в хімічній реакції осадження (у даному випадку це плюмбум(II) сульфат ($PbSO_4$)): $DP(PbSO_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$.

Розв'язання

Розрахуємо молярні концентрації кожної речовини після змішування розчинів:

$$c(Pb(NO_3)_2) = c(K_2SO_4) = 0,01 : 2 = 0,005 \text{ моль/дм}^3.$$

(при зливанні двох рівних об'ємів розчинів загальний об'єм розчину збільшився у 2 рази, а молярна концентрація кожної речовини у розчині зменшилась у 2 рази).

Знайдемо молярні концентрації речовин плюмбум(II)- і сульфат-іонів у розчині:

$$[Pb^{2+}] = c(Pb(NO_3)_2) = 0,005 \text{ моль/дм}^3$$

$$[SO_4^{2-}] = c(K_2SO_4) = 0,005 \text{ моль/дм}^3$$

(плюмбум динітрат і дикалій сульфат – сильні електроліти).

Знайдемо добуток молярних концентрацій (іонний добуток) речовин плюмбум(II)- і сульфат-іонів у розчині:

$$[Pb^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = 0,005 \cdot 0,005 = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ (моль/дм}^3)^2.$$

Порівняємо величину іонного добутку речовин плюмбум(II)- і сульфат-іонів з добутком розчинності плюмбум сульфату:

$$2,5 \cdot 10^{-5} > 1,6 \cdot 10^{-5}.$$

Оскільки величина іонного добутку більша до величину добутку розчинності, то при зливанні рівних об'ємів 0,01 М розчинів плюмбум нітрату та дикалій сульфату утворюється пересичений розчин і випадає осад плюмбум(II) сульфату – $PbSO_4$.

Відповідь: так, осад утвориться.

Приклад 22. Порівняти розчинність кальцій оксалату (CaC_2O_4) у чистій воді та в 0,1М розчині калій хлориду (KCl).

Дано:



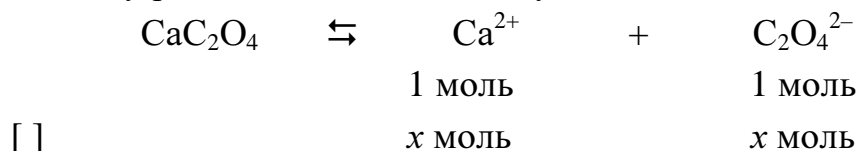
$$c(KCl) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$$

$$\frac{S(CaC_2O_4)_{KCl}}{S(CaC_2O_4)_{H_2O}} - ?$$

Для розв'язання прикладу необхідно взяти з довідника величину добутку розчинності кальцій оксалату: $K_S(CaC_2O_4) = 2,6 \cdot 10^{-9}$.

Розв'язання

1. Знайдемо молярну концентрацію речовини кальцій(2+)-іона у насиченому водному розчині кальцій оксалату.

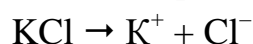


$$K_S(CaC_2O_4) = [Ca^{2+}] \cdot [C_2O_4^{2-}]; \quad 2,6 \cdot 10^{-9} = x^2; \quad x = 5,099 \cdot 10^{-5}$$

$$[Ca^{2+}] = c(CaC_2O_4) = 5,099 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$$

$$\text{Отже, } S(Ca_2C_2O_4)_{H_2O} = 5,099 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$$

2. Знайдемо молярну концентрацію речовини кальцій(2+)-іонів у 0,1М розчині калій хлориду.



$$\mu = c(KCl) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$$

$$K_S(CaC_2O_4) = [Ca^{2+}] \cdot [C_2O_4^{2-}] \cdot \gamma_{Ca^{2+}} \cdot \gamma_{C_2O_4^{2-}}$$

$$\text{Тоді: } [Ca^{2+}] \cdot [C_2O_4^{2-}] = \frac{K_S(CaC_2O_4)}{\gamma_{Ca^{2+}} \cdot \gamma_{C_2O_4^{2-}}}$$

У довіднику знаходимо, що коефіцієнти активності дорівнюють:

$$\gamma_{\text{Ca}^{2+}} = \gamma_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}} = 0,33.$$

$$x = \sqrt{\frac{2,6 \cdot 10^{-9}}{0,33 \cdot 0,33}} = 1,54 \cdot 10^{-4},$$

тобто $[\text{Ca}^{2+}] = c(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 1,54 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³.

Отже, $S(\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{KCl}} = 1,54 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³.

3. Знайдемо, у скільки разів збільшується розчинність кальцій оксалату в 0,1М розчині калій хлориду:

$$\frac{S(\text{CaC}_2\text{O}_4)_{\text{KCl}}}{S(\text{CaC}_2\text{O}_4)_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,54 \cdot 10^{-4}}{5,10 \cdot 10^{-5}} = 3,02.$$

Відповідь: у 3,02 рази більша.

Приклад 23. Визначити, яка з солей буде осаджуватись першою, якщо до суміші 0,1М розчинів калій хлориду (KCl) і дика лій хромату(VI) (K₂CrO₄) додавати краплями розчин аргентум нітрату (AgNO₃).

Дано:

$$c(\text{KCl}) = c(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$$

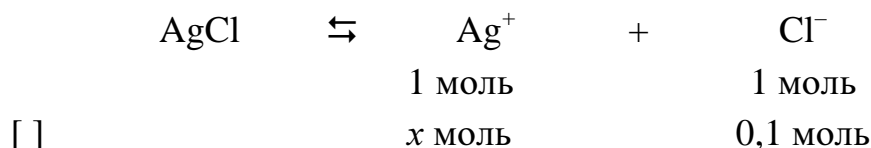
AgNO₃

Яка з солей осаджується першою?

Для розв'язання прикладу необхідно взяти з довідника величини добутків розчинності: $K_S(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$; $K_S(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-12}$

Розв'язання

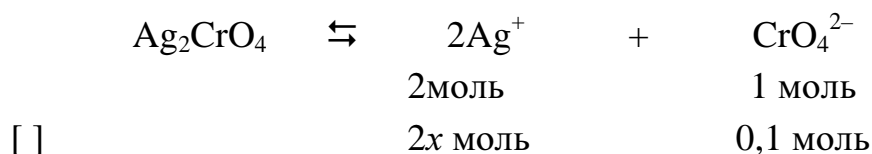
1. Знайдемо, за якої молярної концентрації речовини аргентум(1+)-іона буде утворюватись осад аргентум хлориду.



$$K_S(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-];$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_S(\text{AgCl})}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{0,1} = 1,78 \cdot 10^{-9} \text{ моль/дм}^3.$$

2. Знайдемо, за якої молярної концентрації речовини аргентум(1+)-іона буде утворюватись осад аргентум хромату(VI) (Ag₂CrO₄).



$$K_S(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}];$$

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{\frac{K_S(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{[\text{CrO}_4^{2-}]}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{0,1}} = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3.$$

3. Отже бачимо, що для осадження аргентум хлориду необхідна значна менша молярна концентрація речовини аргентум(1+)-іонів, ніж для осадження аргентум хромату(VI). Тому першим буде осаджуватись осад AgCl , а потім – осад Ag_2CrO_4 .

Відповідь: AgCl .

Приклад 24. Обчислити розчинність аргентум сульфїду (Ag_2S) у розчині хлоридної кислоти з молярною концентрацією речовини HCl $0,1 \text{ моль/дм}^3$.

Дано:



$$c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$$

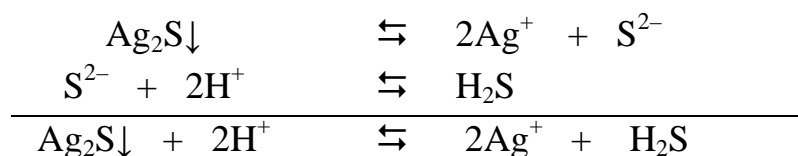
$$S(\text{Ag}_2\text{S}) - ?$$

Для розв'язання прикладу необхідно взяти з довідника: а) величину добутку розчинності Ag_2S : $K_S(\text{Ag}_2\text{S}) = 6,3 \cdot 10^{-50}$; б) величини констант дисоціації сульфїдної кислоти (H_2S): $K_1 = 1 \cdot 10^{-7}$; $K_2 = 2,5 \cdot 10^{-12}$.

Розв'язання

Рівноважна молярна концентрація H^+ -іонів у розчині хлоридної кислоти дорівнює: $[\text{H}^+] = c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$.

Знайдемо частку речовини вільних сульфїд-іонів у розчині. Для цього запишемо рівняння, що відображають процес розчинення осаду аргентум сульфїду в хлоридній кислоті:



Запишемо рівняння матеріального балансу по сульфїд-іону:

$$c(\text{S}^{2-}) = [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}].$$

$$\alpha_2 = \frac{K_1 \cdot K_2}{[H^+]^2} = \frac{1 \cdot 10^{-7} \cdot 2,5 \cdot 10^{-13}}{(0,1)^2} = 2,5 \cdot 10^{-18} /$$

Знайдемо розчинність аргентум сульфїду. Якщо S – розчинність Ag_2S , то $[Ag^+] = 2S$. Тодї:

$$(2S)^2 \cdot S = \frac{K_S(Ag_2S)}{\alpha_2} = \frac{6,3 \cdot 10^{-50}}{2,5 \cdot 10^{-18}} = 2,52 \cdot 10^{-32};$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{K_S(Ag_2S)}{4 \cdot \alpha_2}} = \sqrt[3]{\frac{2,52 \cdot 10^{-32}}{4}} = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь: $2,5 \cdot 10^{-11}$ моль/дм³.

Приклад 25. Під час аналізу стандартного зразка, що містить 1,47% Аргентуму, було отримано наступні результати (%): 1,31; 1,45; 1,42; 1,32; 1,30. Визначити S , $P_{0,95}$ і зробити висновки про можливість систематичної погрїшності у використаному методї визначення Аргентуму.

Розв'язання

Якщо x_1, x_2, \dots, x_n – результати паралельних визначень компонента в пробї одним і тим же методом, то середнє арифметичне дорївноє:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Знайдемо середнє арифметичне значення результатів аналізу:

$$\bar{x} = \frac{1,31 + 1,45 + 1,42 + 1,32 + 1,30}{5} = 1,36.$$

Обчислимо стандартне відхилення за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(0,05)^2 + (0,09)^2 + (0,06)^2 + (0,04)^2 + (0,06)^2}{5-1}} = 6,96 \cdot 10^{-2}.$$

Довірчий інтервал середнього значення \bar{x} розрахуємо за формулою:

$$\bar{x} \pm t_{P,f} \frac{S}{\sqrt{n}} = 1,36 \pm \frac{2,78 \cdot 6,96 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{5}} = 1,36 \pm 0,09.$$

($t_{P,f}$ – коефіцієнт Стюдента, який враховує різницю у нормальному і t -розподілі та за даною вірогідністю P залежить від числа ступенів свободи. Індекс P у t указує на фіксовану вірогідність, f – число ступенів свободи. Числові значення коефіцієнта $t_{P,f}$ за різних P і f наведено в додатку.)

Справжнє значення вмісту Аргентуму (1,47%) не потрапляє в розрахований довірчий інтервал, отже, цей використаний метод визначення Аргентуму має систематичну погрішність.

Відповідь: використаний метод має систематичну погрішність.

Приклад 26. Масову частку (%) CuO у мінералі визначили методом йодометрії та методом комплексонометрії. За першим методом отримали результати (%): 38,20; 38,00; 37,66. За другим (%): 37,70; 37,65; 37,55. Визначити, чи є значливою різниця у результатах даних методів? Представити результат аналізу.

Розв'язання

Обчислимо середнє значення результатів для кожного методу:

$$\bar{x}_1 = \frac{38,20 + 38,00 + 37,66}{3} = 37,95;$$

$$\bar{x}_2 = \frac{37,70 + 37,65 + 37,55}{3} = 37,63$$

Дисперсії для кожного методу розраховуємо за формулою:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$S_1^2 = \frac{1}{3-1} \times [(38,20 - 37,95)^2 + (38,00 - 37,95)^2 + (37,66 - 37,95)^2] = 0,07458;$$

$$S_2^2 = \frac{1}{3-1} \times [(37,70 - 37,63)^2 + (37,65 - 37,63)^2 + (37,55 - 37,63)^2] = 0,00583.$$

Порівняння точності обох методів проводимо за F -критерієм. Для цього обчислюємо значення:

$$F_{\text{експ}} = S_1^2 / S_2^2 = 0,07458 / 0,00583 = 12,78.$$

Знаходимо табличне значення F -критерію (див. додаток) за $P = 0,95$ і числах ступенів свободи $f_1 = 2$ і $f_2 = 2$: $F_{0,95;2;2} = 19,00$.

Отримане значення $F_{\text{експ}}$ зіставляємо з табличним значенням F . Оскільки $F_{0,95;2;2} > F_{\text{експ}}$, то розбіжність між дисперсіями незначуща та методи мають однакову точність.

За допомогою F -критерію оцінюємо розбіжність між \bar{x}_1 і \bar{x}_2 . Середнє зважене двох дисперсій розраховуємо за формулою:

$$\bar{S}^2 = \frac{(n_1 - 1)S_{x_1}^2 + (n_2 - 1)S_{x_2}^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{2 \cdot 0,07458 + 2 \cdot 0,00583}{3 + 3 - 2} = 0,04018.$$

Розраховуємо величину критерію t :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\bar{S}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} = \frac{37,95 - 36,63}{\sqrt{0,04018}} \sqrt{\frac{3 \cdot 3}{3 + 3}} = 1,96.$$

Зіставляємо розраховане t з табличним значенням $t_{0,95;4} = 2,776$ ($f=3+3-2=4$) (див. додаток). Оскільки $t_{\text{експ}} < t_{0,95;4}$, то різниця між \bar{x}_1 і \bar{x}_2 є незначущою. Отже, всі результати обох методів відображають справжній вміст CuO у мінералі.

Дані аналізу можуть бути представлені у вигляді: $\bar{x} \pm t_{P,f} \frac{S}{\sqrt{n}} = \bar{x} \pm \sigma$, де \bar{x} - середнє арифметичне зі всіх $(n_1 + n_2)$ результатів.

$$\bar{x} = \frac{38,20 + 38,00 + 37,66 + 37,70 + 37,65 + 37,55}{6} = 37,79$$

$$t_{P,f} = 2,571 \quad \sigma = 2,571 \cdot \frac{0,25}{\sqrt{6}} = 0,26$$

$$S = 0,25$$

Результат аналізу: $(37,79 \pm 0,26)\%$.

Відповідь: у результатах двох методів значливої різниці немає, результат аналізу $(37,79 \pm 0,26)\%$.

Приклад 27. Під час визначення Феруму в руді двома титриметричними методами отримано такі результати (%):

1) дихроматометричний: 53,5; 53,0; 52,5; 52,4; 51,1;

2) комплексонометричний: 52,4; 52,8; 53,0; 53,2; 54,8.

Визначити, чи потрібно виключити величину 51,1% для першого титрування та 54,8% для другого титрування? Представити результат аналізу.

Розв'язання

Для виявлення промахів у низці паралельних визначень за невеликого числа дослідів ($2 \leq n \leq 10$) може бути використаний Q -тест.

Для проведення Q -тесту результати розташовують у порядку зростання їх величини і позначають x_1, x_2, \dots, x_n . Щоб виявити частне Q , різницю між сумнівним і значенням, що стоїть поряд з ним, ділять на величину діапазону значень:

$$Q = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \text{ або } Q = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$$

Якщо отримане Q дорівнює або більше за значення $Q_{\text{табл}}$, наведеного у додатку для n результатів, сумнівний результат відкидають.

Розрахуємо величину Q для першого та другого титрування:

$$Q_1 = \frac{52,4 - 51,1}{53,5 - 51,1} = 0,54;$$

$$Q_2 = \frac{54,8 - 53,2}{54,8 - 52,4} = 0,67.$$

Для $P = 0,95$ і $n = 5$ табличне значення $Q = 0,56$.

$Q_1 < 0,56$, тому значення $x = 51,1$ вважаємо достовірним і не виключаємо з числа статистично оброблюваних величин.

$Q_2 > 0,56$, тому значення $x = 54,8$ вважаємо недостовірним і виключаємо з числа статистично оброблюваних величин.

Результати обробки даних, отриманих двома титриметричними методами, представлені у таблицях 3 і 4.

Таблиця 3 – Результати визначення Феруму методом дихроматометричного титрування ($f=4; P=0,95; t=2,78$)

$x_i, \%$	n	$\bar{x}, \%$	S^2	$S, \%$	$\bar{x} \pm t_{P,f} \frac{S}{\sqrt{n}}$
53,5 53,0 52,5 52,4 51,1	5	52,5	0,805	0,897	$52,5 \pm 1,1$

Таблиця 4 – Результати визначення Феруму методом комплексонометричного титрування ($f=3; P=0,95; t=3,18$)

$x_i, \%$	n	$\bar{x}, \%$	S^2	$S, \%$	$\bar{x} \pm t_{P,f} \frac{S}{\sqrt{n}}$
52,4 52,8 53,0 53,2	4	52,85	0,117	0,344	$52,85 \pm 0,55$

Проводимо порівняння двох дисперсій за F -критерієм:

$$F = \frac{0,805}{0,117} = 6,9 \quad (f_1 = 4; f_2 = 3).$$

Зіставляємо розраховане F зі значенням $F_{\text{табл}}=9,12$ (див. додаток). Оскільки $F_{\text{табл}} > F$, різниця між дисперсіями є незначною, можна оцінити різницю між середніми \bar{x}_1 та \bar{x}_2 за допомогою t -критерію:

$$S^2 = \frac{4 \cdot 0,805 + 3 \cdot 0,117}{4 + 3} = 0,51;$$

$$t = \left(\frac{52,5 - 52,85}{\sqrt{0,51}} \cdot \sqrt{\frac{5,4}{5+4}} \right) = 0,72.$$

Так як $t_{\text{табл}}=3,5$ за $f = 5+4-2=7$ (див. додаток) є значно більшим за розраховане t , то всі результати цих методів можна об'єднати та розглядати як одну вибірку сукупність з $(n_1 + n_2)$ результатів. Результати визначення Феруму в руді за обома методами представлено у табл. 5.

Таблиця 5 – Результати аналізу руди ($f=8$; $P=0,95$; $t=2,31$)

$x_i, \%$	n	$\bar{x}, \%$	S^2	$S, \%$	$\bar{x} \pm \sigma$
53,5	9	52,66	0,48	0,69	$52,66 \pm 0,53$
53,0					
52,5					
52,4					
51,1					
52,4					
52,8					
53,0					
53,2					

Приклад 27. Розрахувати кількість молекул води в кристалогідраті магній хлориду, якщо з наважки, масою 0,5000 г, одержали 0,2738 г $Mg_2P_2O_7$.

Розв'язання

Перерахуємо масу $Mg_2P_2O_7$ на масу кристалогідрату $MgCl_2 \cdot xH_2O$:

$$m(MgCl_2 \cdot xH_2O) = m(Mg_2P_2O_7) \cdot \frac{2M(MgCl_2 \cdot xH_2O)}{M(Mg_2P_2O_7)}$$

Тоді

$$M(MgCl_2 \cdot xH_2O) = \frac{m(MgCl_2 \cdot xH_2O)}{2 \cdot m(Mg_2P_2O_7)} \cdot M(Mg_2P_2O_7)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$M(MgCl_2 \cdot xH_2O) = \frac{0,5000 \cdot 222,553}{2 \cdot 0,2738} = 203,208 \text{ г/моль.}$$

Кількість молекул води у кристалогідраті знаходимо за різницею:

$$xH_2O = \frac{M(MgCl_2 \cdot xH_2O) - M(MgCl_2)}{M(H_2O)}$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$xH_2O = \frac{203,208 - 95,211}{18,0152} = 6,0.$$

Відповідь: формула кристалогідрату – $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, тобто у складі кристалогідрату шість молекул води.

Приклад 28. 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 з індикатором метиловим оранжевим витрачено 16,85 мл розчину титранту – розчину HCl . Знайти концентрацію титранту.

Дано:

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,3221 \text{ г};$$

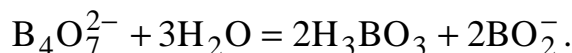
$$V(\text{HCl}) = 16,85 \text{ мл};$$

Індикатор – метиловий оранжевий.

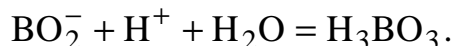
$$c(\text{HCl}) - ?$$

Розв'язання

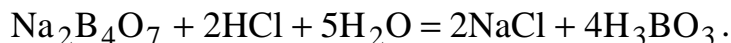
Бура взаємодіє з водою під час розчинення за рівнянням:



Метаборат, що утворився внаслідок гідролізу тетраборат-іона, відтитровують кислотою:



Бачимо, що на 1 моль бури під час титрування витрачається 2 моль H^+ :



Отже, молярна маса еквівалента бури дорівнює

$$M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) = \frac{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{2}.$$

Речовини реагують між собою в еквівалентних кількостях, тому:

$$n\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) = n(\text{HCl}).$$

Кількість речовини еквіваленту бури дорівнює:

$$n\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) = \frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right)}.$$

Кількість речовини еквіваленту хлоридної кислоти дорівнює:

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}),$$

Підставимо одержані вирази кількостей речовин еквівалентів і, після нескладних математичних дій, розрахуємо концентрацію робочого розчину хлоридної кислоти:

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right)} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}),$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) \cdot V(\text{HCl})} = \frac{0,3221 \cdot 2 \cdot 1000}{381,2 \cdot 16,85} = 0,1003 \text{ моль/л.}$$

Відповідь: 0,1003 моль/л.

Приклад 29. Визначити, чому дорівнює карбонатна твердість води, якщо середнє значення об'єму хлоридної кислоти, витраченої на титрування 100 мл досліджуваної води складає 4,95 мл, а середнє значення об'єму хлоридної кислоти, витрачене на титрування розчину, що містить 0,1089 г бури, складає 5,75 мл.

Дано:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 100,00 \text{ мл};$$

$$V^1(\text{HCl}) = 4,95 \text{ мл};$$

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,1089 \text{ г};$$

$$V^2(\text{HCl}) = 5,75 \text{ мл.}$$

$$T_{\text{вкарб.}} - ?$$

Розв'язання

Знайдемо молярну концентрацію еквівалента хлоридної кислоти (детальні пояснення – див. попередній приклад):

$$n\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) = n(\text{HCl});$$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right)} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl});$$

$$M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) = \frac{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{2};$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}\right) \cdot V(\text{HCl})} = \frac{0,1089 \cdot 2 \cdot 1000}{381,2 \cdot 5,75} = 0,1038 \text{ моль/л.}$$

2. Карбонатну твердість води розрахуємо за формулою:

$$T_{\text{вкарб.}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,1038 \cdot 4,95 \cdot 1000}{100} = 5,138 = 5,14 \text{ ммоль/л.}$$

Відповідь: 5,14 ммоль/л.

Приклад 30. Визначити постійну твердість води, якщо до 100,00 мл досліджуваного розчину води додали 20,00 мл розчину динатрій карбонату з титром по кальцій оксиду $T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{CaO})=0,003000$ г/мл, суміш прокип'ятили та після відділення осаду карбонатів кальцію та магнію надлишок динатрій карбонату відтитрували 17,30 мл розчину HCl (20,00 мл розчину Na_2CO_3 еквівалентні 21,00 мл розчину HCl).

Дано:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 100,00 \text{ мл};$$

$$V(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 20,00 \text{ мл};$$

$$T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{CaO}) = 0,003000 \text{ г/мл};$$

$$V(\text{HCl}) = 17,30 \text{ мл};$$

Еквівалентні об'єми розчинів: $V^*(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 20,00$ мл; $V^*(\text{HCl}) = 21,00$ мл.

$T_{\text{Впост.}} - ?$

Розв'язання

За відомою величиною умовного титру знайдемо величину молярної концентрації еквіваленту динатрій карбонату:

$$c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3\right) = \frac{T(\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{CaO}) \cdot 1000}{M\left(\frac{1}{2}\text{CaO}\right)} = \frac{0,003000 \cdot 1000 \cdot 2}{56,08} = 0,1070 \text{ моль/л.}$$

Концентрація робочого розчину хлоридної кислоти дорівнюватиме:

$$c(\text{HCl}) = \frac{c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3\right) \cdot V^*(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V^*(\text{HCl})} = \frac{0,1070 \cdot 20,00}{21,00} = 0,1019 \text{ моль/л.}$$

Постійну твердість досліджуваної води розрахуємо за формулою:

$$T_{\text{Впост.}} = \frac{c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3\right) \cdot V(\text{Na}_2\text{CO}_3) - c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000,$$

$$T_{\text{Впост.}} = \frac{0,1070 \cdot 20,00 - 0,1019 \cdot 17,30}{100,00} \cdot 1000 = 3,77 \text{ ммоль/л.}$$

Відповідь: 3,77 ммоль/л.

Приклад 31. Наважку $K_2Cr_2O_7$ масою 0,2940 г розчинили у мірній колбі місткістю 100,0 мл. На титрування йоду, що виділився під час реакції 25,00 мл отриманого розчину з KI, було витрачено 20,00 мл розчину $Na_2S_2O_3$. Розрахувати $T(Na_2S_2O_3)$ та $T(Na_2S_2O_3/Cr)$.

Дано:

$$m(K_2Cr_2O_7) = 0,2940 \text{ г}$$

$$V_k = 100,0 \text{ мл}$$

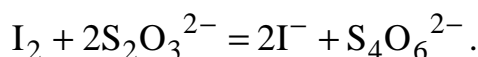
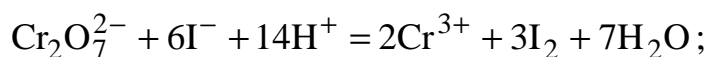
$$V_n = 25,00 \text{ мл}$$

$$V(Na_2S_2O_3_{p-n}) = 20,00 \text{ мл}$$

$$T(Na_2S_2O_3), T(Na_2S_2O_3/Cr) - ?$$

Розв'язання

Запишемо рівняння хімічних реакцій, що відображають суть метода:



У точці еквівалентності:

$$n\left(\frac{1}{6}K_2Cr_2O_7\right) = n\left(\frac{1}{2}I_2\right) = n(Na_2S_2O_3)$$

З умов задачі маємо, що кількість молей еквівалента $K_2Cr_2O_7$ в аліквоті розчину, що аналізується, складає:

$$n\left(\frac{1}{6}K_2Cr_2O_7\right) = \frac{m(K_2Cr_2O_7) \cdot V_n}{M\left(\frac{1}{6}K_2Cr_2O_7\right) \cdot V_k},$$

а кількість речовини $Na_2S_2O_3$ дорівнює:

$$n(Na_2S_2O_3) = \frac{T(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3)}{M(Na_2S_2O_3)},$$

де $M\left(\frac{1}{6}K_2Cr_2O_7\right)$ і $M(Na_2S_2O_3)$ - молярні маси еквівалентів дикалій дихромату та динатрій триоксотіосульфату відповідно.

Після нескладних математичних дій з отриманими вище рівняннями, отримаємо:

$$T(Na_2S_2O_3) = \frac{m(K_2Cr_2O_7) \cdot V_n \cdot M(Na_2S_2O_3)}{M\left(\frac{1}{6}K_2Cr_2O_7\right) \cdot V_k \cdot V(Na_2S_2O_3)};$$

$$T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{0,2940 \cdot 25,00 \cdot 158,10}{49,03 \cdot 200,0 \cdot 20,00} = 0,005925 \text{ г/мл.}$$

За титром розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ можна розрахувати титр розчину динатрій триоксотіосульфату за хромом:

$$T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cr}) = \frac{T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M\left(\frac{1}{3}\text{Cr}\right)}{M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)};$$

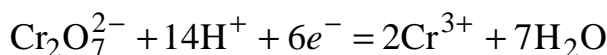
$$T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cr}) = \frac{0,005925 \cdot 17,332}{158,10} = 0,0006495 \text{ г/мл.}$$

Зазначимо, що під час титрування розчином динатрій триоксотіосульфату $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ окиснюється до $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$:



тобто на один іон $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ припадає один електрон. Тому $f_{\text{екв}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=1$.

Згідно ж з напівреакцією



на один іон Cr^{3+} припадає три електрони, тому $f_{\text{екв}}(\text{Cr}^{3+})=\frac{1}{3}$.

Відповідь: $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,005925$ г/мл, $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cr}) = 0,0006495$ г/мл.

Приклад 32. Визначити масу (г) гідроген пероксиду в пробі, якщо на титрування її було витрачено 14,50 мл калій перманганату з $T(\text{KMnO}_4/\text{Fe})=0,08376$ г/мл.

Дано:

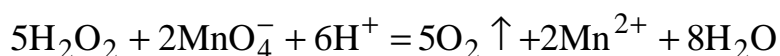
$$V(\text{KMnO}_4_{\text{р-н}}) = 14,50 \text{ мл}$$

$$T(\text{KMnO}_4/\text{Fe})=0,08376 \text{ г/мл.}$$

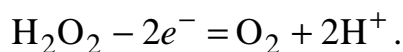
$$m(\text{H}_2\text{O}_2) - ?$$

Розв'язання

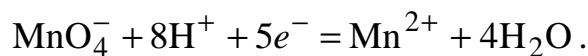
Перманганатометричне визначення гідроген пероксиду засновано на реакції:



З рівняння реакції видно, що гідроген пероксид H_2O_2 у цій реакції відіграє роль відновника – він окиснюється до O_2 :



Калій перманганат проявляє окисні властивості, у кислому середовищі MnO_4^- -іон відновлюється до безбарвних іонів Mn^{2+} :



З рівнянь напівреакції:

$$f_{\text{екв}}(\text{KMnO}_4) = \frac{1}{5}, \quad f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{1}{2}.$$

Тому

$$n\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right) = \frac{T(\text{KMnO}_4/\text{Fe}) \cdot V(\text{KMnO}_4)}{M(\text{Fe})};$$

$$n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}_2\right) = \frac{m(\text{H}_2\text{O}_2)}{M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}_2\right)}.$$

Оскільки під час прямого титрування число молей еквівалента речовини, що визначається, дорівнює числу молей еквівалента титранта, тобто

$$n\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right) = n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}_2\right),$$

то, після нескладних математичних перетворень, отримуємо:

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{T(\text{KMnO}_4/\text{Fe}) \cdot V(\text{KMnO}_4)}{M(\text{Fe})} \cdot M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}_2\right);$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{0,08376 \cdot 14,50}{55,847} \cdot 17,0073 = 0,3699 \text{ г.}$$

Відповідь: 0,3699 г.

Приклад 33. Розрахувати молярну концентрацію, титр та умовний титр за визначуваною речовиною робочого розчину трилону Б, якщо на титрування наважки металічного цинку масою 0,0131 г його було витрачено 18,46 мл.

Дано:

(Позначимо трилон Б – тр. Б).

$$m(\text{Zn}) = 0,0131 \text{ г}$$

$$V(\text{тр. Б}_{\text{р-н}}) = 18,46 \text{ мл}$$

$c(\text{тр. Б}), T(\text{тр. Б}), T(\text{тр.Б}/\text{CaO}) - ?$

Розв'язання

Згідно з основними принципами титриметрії:

$$n(\text{тр. Б}) = n(\text{Zn}).$$

Запишемо математичні вирази для розрахунків кількостей речовин – учасників реакції:

$$n(\text{тр. Б}) = \frac{c(\text{тр. Б}) \cdot V(\text{тр. Б})}{1000},$$

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})}.$$

З наведених рівнянь після нескладних математичних перетворень отримаємо:

$$c(\text{тр. Б}) = \frac{m(\text{Zn}) \cdot 1000}{M(\text{Zn}) \cdot V(\text{тр. Б})},$$

$$c(\text{тр. Б}) = \frac{0,0131 \cdot 1000}{65,38 \cdot 18,46} = 0,01085 \text{ моль/л.}$$

Титр розчину трилону Б дорівнює:

$$T(\text{тр. Б}) = \frac{c(\text{тр. Б}) \cdot M(\text{тр. Б})}{1000}.$$

де $M(\text{тр. Б}) = 373,24$ г/моль – молярна маса трилону Б.

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$T(\text{тр. Б}) = \frac{0,01085 \cdot 373,24}{1000} = 0,004038 \text{ г/мл.}$$

Розрахуємо титр трилону Б за СаО (умовний титр):

$$T(\text{тр. Б/СаО}) = \frac{T(\text{тр. Б}) \cdot M(\text{СаО})}{M(\text{тр. Б})};$$

$$T(\text{тр. Б/СаО}) = \frac{0,004038 \cdot 56,08}{373,24} = 0,0006085 \text{ г/мл.}$$

Відповідь: 0,01085 моль/л; 0,004038 г/мл; 0,0006085 г/мл.

4.4 Завдання контрольної роботи

Виразити концентрацію даного розчину усіма відомими способами:

- $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 3\%$.
- $\omega(\text{HCl}) = 0,05\%$.
- $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0546$ моль/л.
- $c(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,0241$ моль/л.
- $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 8\%$.
- $c(\text{HCl}) = 0,1008$ моль/л.
- $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1044$ моль/л.
- $c(\text{HCl}) = 0,0245$ моль/л.
- $c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = 0,1000$ моль/л.
- $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,0500$ моль/л.

Розрахувати молярні концентрації розчинів:

11. 150 г $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ у воді (із додаванням амоніаку), загальний об'єм 1 л («молібденова рідина», використовуються при гравіметричному визначенні фосфатної кислоти).

12. 117 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ у воді, загальний об'єм 1 л (використовують для осадження сульфат-іону).

13. 0,3 г $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ у воді, загальний об'єм 200 cm^3 (використовують при фотометричному визначенні Арсену).

Розрахувати масові та молярні концентрації розчинів, якщо відомі масові частки розчиненої речовини (ω , %) та густина розчину (ρ , г/см^3):

№	Речовина	ω , %	ρ , г/см^3
14.	HNO_3	20,00	1,115
15.	HNO_3	50,00	1,310
16.	H_2SO_4	20,08	1,140
17.	H_2SO_4	49,99	1,395
18.	HCl	13,50	1,065
19.	HCl	26,20	1,130
20.	H_3PO_4	20,25	1,115
21.	H_3PO_4	50,07	1,335
22.	HClO_4	16,00	1,100
23.	HClO_4	50,10	1,410
24.	CH_3COOH	15,4	1,020
25.	CH_3COOH	40,02	1,050
26.	KOH	9,96	1,090
27.	KOH	49,95	1,510

Як приготувати розчин об'ємом 500 см³ з молярною концентрацією речовини натрій гідроксиду 6 моль/л за наявності у лабораторії:

28. ... насиченого розчину натрій гідроксиду, густина якого 1,53 г/см³?

29. ... розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 40,0% %

30. ... розчину з молярною концентрацією натрій гідроксиду 10 моль/л?

31. Відкриваний мінімум аргентум(1+)-іону за реакцією



2 мкг. Гранична концентрація 1 : 25000 г/см³. Обчислити мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину, граничне розбавлення для цієї реакції і границю виявлення.

32. Для визначення чутливості реакції на іон Pb²⁺ з калій йодидом приготували розчин Pb(NO₃)₂, що містить речовину Pb²⁺ масою 1 г в 1 дм³. Знайдено, що при розбавлянні цього розчину в 14 разів реакція виходить. Визначити відкриваний мінімум і граничне розбавлення для цієї реакції за умови, що вона виходить з краплиною розчину об'ємом 9,8·10⁻⁴ см³.

33. Обчислити допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента хром(III)- катіону у розчині при відкритті станум(II)- катіону окисненням його меркурій дихлоридом HgCl₂, якщо граничне відношення катіонів Sn²⁺ до Cr³⁺ дорівнює 1:40. Відкриваний мінімум Sn²⁺ - іону становить 0,5 мкг, а для реакції необхідно 0,05 см³ досліджуваного розчину.

34. Обчислити відкриваний мінімум реакції, якщо величина pD = 5,6, а найменший об'єм розчину, який використовується для виявлення K⁺ - іона, дорівнює 0,05 см³.

35. Обчислити відкриваний мінімум реакції амоній-катіону з реактивом Несслера, якщо для визначення необхідно 5 см³ розчину, а граничне розбавлення розчину амоній-іона дорівнює 2·10⁷ см³/г.

36. Граничне розбавлення для реакції калій-катіона з розчином натрій гідрогентартрату (NaHC₄H₄O₆) дорівнює 1000 см³/г. Знайти найменшу молярну концентрацію речовини калій хлориду у розчині, за якої K⁺ - іон можна відкрити цією реакцією.

37. Відкриваний мінімум натрій-катіона за реакцією утворення NaZn(UO₂)₃(CH₃COO)₉·9H₂O 12.5 мкг. Гранична концентрація 1:4000 г/см³. Розрахувати мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину, граничне розбавлення, границю виявлення та показник чутливості реакції.

38. Відкриваний мінімум калій-катіона за реакцією утворення $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ 4 мкг. Гранична концентрація 1:12500 г/см³. Розрахувати мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину, показник чутливості реакції і молярну концентрацію речовини калій-катіону у розчині.

39. Відкриваний мінімум Ag^+ -іона за реакцією



2 мкг. Гранична концентрація 1 : 25000 г/см³. Обчислити показник чутливості реакції і мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину.

40. Відкриваний мінімум плюмбум(II)-катіона за реакцією зі станум дихлоридом ($SnCl_2$) і калій йодидом (KI), продуктом якої є сполука $PbI_2 \cdot SnI_2$, яка має інтенсивне оранжево-червоне забарвлення, 10 мкг, а гранична концентрація 1 : 5000 г/см³. Обчислити граничне розбавлення, мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину, границю виявлення і показник чутливості.

41. У мірній колбі об'ємом 1 дм³ розчинили аргентум нітрат ($AgNO_3$) масою 1,57 г. Знайдено, що при розбавлянні цього розчину в 25 разів виходить реакція аргентум-катіона з дика лій дихроматом ($K_2Cr_2O_7$). При більшому розбавлянні реакція стає ненадійною. Обчислити відкриваний мінімум і граничну концентрацію для цієї реакції, якщо вона проходить з краплиною розчину об'ємом 0,02 см³.

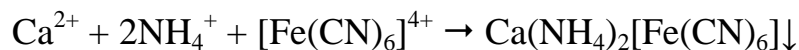
42. Реакція ціанід-іона (CN^-) з аргентум нітратом ($AgNO_3$) виходить з краплиною розчину об'ємом $3 \cdot 10^{-4}$ см³. Відкриваний мінімум реакції дорівнює 0,006 мкг. Обчислити граничну концентрацію і граничне розбавлення досліджуваного розчину.

43. Обчислити допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента плюмбум(II)-катіона у розчині при відкритті аргентум(I)-катіона йодид-аніоном, якщо граничне відношення Ag^+ -іонів до Pb^{2+} -іонів дорівнює 1 : 40. Відкриваний мінімум Ag^+ -іона становить 0,003 мкг, а для реакції необхідно взяти 0,04 см³ досліджуваного розчину.

44. Відкриваний мінімум барій-катіона (Ba^{2+}) за реакцією з динатрій родизонатом ($Na_2C_6O_6$) 0,25 мкг. Гранична концентрація 1 : 200000 г/см³. Визначити решту параметрів чутливості цієї реакції.

45. Відкриваний мінімум стронцій-катіона (Sr^{2+}) за реакцією з динатрій родизонатом ($Na_2C_6O_6$) 3,9 мкг. Гранична концентрація 1 : 12000 г/см³. Визначити решту параметрів чутливості цієї реакції і молярну концентрацію речовини еквівалента стронцій-катіона у розчині.

46. Відкриваний мінімум кальцій-катиона за реакцією:



25 мкг, границя виявлення $5 \cdot 10^{-4}$ г/см³. Обчислити масу речовини кальцій-катиона в 1 дм³, граничну концентрацію, граничне розбавлення, показник чутливості і мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину.

47. Відкриваний мінімум алюміній-катиона за допомогою алізарину S 0,15 мкг. Гранична концентрація 1 : 333000 г/см³. Обчислити мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину і молярну концентрацію речовини еквівалента Al³⁺ - іона у розчині.

48. Мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину алюміній-катиона за реакцією з алізарином S 0,05 см³. Гранична концентрація 1 : 77000 г/см³. Обчислити відкриваний мінімум і показник чутливості.

49. Відкриваний мінімум цинк-катиона за реакцією утворення «ринманової зелені» 0,6 мкг, гранична концентрація 1 : 3300 г/см³. Обчислити інші параметри чутливості цієї реакції.

50. Відкриваний мінімум цинк-катиона за допомогою дитизону: а) 0,025 мкг у нейтральному розчині цинк сульфату (ZnSO₄); б) 0,06 мкг у присутності амоніаку, амонійних солей і тартратів; в) 0,9 мкг у розчині натрій гідроксиду з масовою часткою речовини 2% або у присутності ацетатної кислоти з масовою часткою речовини 10%. Граничне розбавлення 1 : 10000 г/см³. Порівняти мінімальні об'єми гранично розбавлених розчинів цинк-катиона.

51. Обчислити допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента алюміній-катиона у розчині при відкритті цинк-катиона дитизоном, якщо граничне відношення цинк-катионів до алюміній-катионів дорівнює 1 : 2200. Відкриваний мінімум цинк-катиона 0,05 мкг в нейтральному розчині цинк сульфату (ZnSO₄), а для реакції необхідно 0,05 см³ досліджуваного розчину у присутності 1 мг амоній ацетату (CH₃COONH₄).

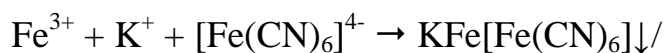
52. Мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину солі хрому(VI) за реакцією окиснення бензидину хроматом 0,05 см³. Гранична концентрація 1 : 200000 г/см³. Обчислити відкриваний мінімум, границю виявлення реакції та допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента хрому(VI) у розчині.

53. Відкриваний мінімум ферум(III)-катиона за реакцією з роданід-іоном:



0,25 мкг, гранична концентрація 1 : 200000 г/см³. Обчислити мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину та границю виявлення ферум(III)-катиона.

54. Відкриваний мінімум ферум(III)-катиона за реакцією з $K_4[Fe(CN)_6]$ 0,05 мкг (на краплинній пластинці):



Гранична концентрація 1 : 1000000 г/см³ (на краплинній пластинці). Обчислити мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину та показник чутливості реакції відкриття ферум(III)-катиона.

55. Відкриваний мінімум нікол(II)-катиона 0,05 мкг, а мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину дорівнює 0,02 см³. Обчислити граничну концентрацію, граничне розбавлення, границю виявлення і показник чутливості реакції відкриття нікол(II)-катиона.

56. Мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину купрум(II)-катиона за реакцією з 8-оксихіноліном 0,04 см³. Гранична концентрація 1 : 100000 г/см³. Обчислити відкриваний мінімум купрум(II)-катиона і показник чутливості реакції.

57. Відкриваний мінімум купрум(II)-катиона за допомогою бензидину 0,6 мкг, а гранична концентрація 1 : 75000 г/см³. Обчислити мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину, границю виявлення купрум(II)-катиона та показник чутливості реакції.

58. Відкриваний мінімум кадмій(II)-катиона за допомогою дифенілкарбазиду 0,8 мкг. Граничне розбавлення 62000 см³/г. Обчислити мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину і показник чутливості реакції.

59. Обчислити допустиму молярну концентрацію речовини еквівалента ферум(III)-катиона у розчині при відкритті купрум(II)-катиона йодид-анілом, якщо граничне відношення Cu^{2+} -іонів до Fe^{3+} -іонів дорівнює 1 : 20. Відкриваний мінімум Cu^{2+} -іона становить 0,05 мкг, а для реакції необхідно 0,05 см³ досліджуваного розчину.

60. Відкриваний мінімум нікол(II)-катиона за реакцією з диметилглюксимом (реактивом Чугаєва) 0,16 мкг, гранична концентрація 1:300000 г/см³ Обчислити інші показники чутливості реакції.

Розрахувати величини рН і рОН у водному розчині натрій гідроксиду з молярною концентрацією речовини (моль/дм³) (розчини взяті за 25°C):

61. $4 \cdot 10^{-7}$.

63. 0,0037.

65. 0,9980.

62. 0,00015.

64. $1,8 \cdot 10^{-6}$.

Розрахувати величини рН і рОН у водному розчині хлоридної кислоти з молярною концентрацією речовини (моль/дм³) (розчини взяті за 25°С):

66. 0,2012.	71. 0,0037.	76. 1,2014.
67. 0,1554.	72. $1,8 \cdot 10^{-6}$.	77. 0,9980.
68. 0,0565.	73. $2 \cdot 10^{-5}$.	78. 0,0509.
69. 0,0522.	74. 0,00015.	79. $4 \cdot 10^{-7}$.
70. 0,0183.	75. 0,2200.	80. $5 \cdot 10^{-8}$.

Визначити молярні концентрації речовин іонів Н⁺ і ОН⁻ у розчині речовини В відомої концентрації $c(B)$, моль/дм³:

	В	$c(B)$, моль/дм ³
81.	Нітратна(V) кислота ННО ₃	0,1089
82.	Хлоратна(VII) кислота НСІО ₄	0,1256
83.	Броматна(VII) кислота НВrО ₄	0,1150
84.	Манганатна(VII) кислота НMnО ₄	0,1320
85.	Калій гідроксид КОН	0,2016
86.	Натрій пдроксид NaOH	0,5087
87.	Сульфатна(VI) кислота Н ₂ SO ₄	0,2484
88.	Хлоридна кислота НСІ	0,1248
89.	Бромідна кислота НВr	0,0125
90.	Йодидна кислота НІ	0,0551

91. Розрахувати рівноважну концентрацію карбонат-іонів при рН 4,00 в розчині карбонатної кислоти конценрації $1,25 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³.

92. Розрахувати молярну концентрацію карбонат-іонів та рН у 0,03М розчині карбонатної кислоти.

93. Порівняти рН у розчинах хлоридної і ацетатної кислот з молярними концентраціями речовин гідроген хлориду і ацетатної кислоти 0,1 моль/дм³.

94. До розчину оксалатної кислоти (Н₂С₂О₄) з молярною концентрацією речовини 0,05 моль/дм³ додали сильної кислоти до рН = 2,00. Обчислити рівноважну молярну концентрацію речовини оксалат-іонів у розчині.

95. Обчислити рівноважну молярну концентрацію оксалат-іонів у розчинів з молярною концентрацією речовини оксалатної кислоти (Н₂С₂О₄) 0,05 моль/дм³ при рН = 4,30.

96. Обчислити рівноважні молярні концентрації дигідроген сульфїду і гідрогенсульфїд(1-) -аніону в 0,1М розчині сульфїдної кислоти при рН = 5,00.

97. Величина рН розчину, через який був пропущений дигідроген сульфід, дорівнює 8,30. Обчислити рівноважні молярні концентрації гідроген сульфід(1-) і сульфід(2-) – іонів у цьому розчині.

98. Розрахувати молярну концентрацію фосфат-іонів та рН в 0,1М розчині фосфатної кислоти.

99. Розрахувати рівноважну концентрацію дигідрогенфосфат-іонів при величині рН = 8,00 в 0,1М розчині фосфатної кислоти.

100. До 15 см³ розчину натрій дигідрогенфосфату з молярною концентрацією речовини NaH₂PO₄ 0,1 моль/дм³ додали 30 см³ розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією речовини NaOH 0,05 моль/дм³. Обчислити величину рН розчину.

101. Ступінь дисоціації в 0,1 М розчині ацетатної кислоти дорівнює 1,3%. Знайти масу речовини Н⁺ - іонів у цьому розчині об'ємом 1 дм³.

102. Визначити константу дисоціації НСІО, якщо ступінь дисоціації його у розчині з молярною концентрацією речовини НСІО 0,2 моль/дм³ дорівнює 0,053%.

103. Обчислити ступінь дисоціації та константу дисоціації ацетатної кислоти, якщо 0,1 моль/л розчин її має рН=4,00.

104. Розрахувати величину рН і ступінь дисоціації 0,1 М розчину ацетатної кислоти з урахуванням іонної сили розчину.

105. Обчислити величину рН у 0.05 М водному розчині натрій ацетату CH₃COONa за 25°C.

Знайти рН буферної системи, одержаної змішуванням x см³ розчину ацетатної кислоти (етанової кислоти) з молярною концентрацією речовини CH₃COOH c_1 моль/дм³ і y см³ розчину натрій ацетату (натрій етаноату) з молярною концентрацією речовини CH₃COONa c_2 моль/дм³:

	x	c_1	y	c_2		x	c_1	y	c_2
106.	10	0.1	10	0.1	111.	10	0.1	10	0.15
107.	10	0.1	10	0.2	112.	10	0.1	10	0.25
108.	10	0.1	10	0.5	113.	10	0.15	10	0.15
109.	10	0.15	10	0.20	114.	10	0.15	10	0.25
110.	10	0.15	10	0.5	115.	10	0.2	20	0.2

116. Буферний розчин, який складається з 0,4 М розчину ацетатної кислоти та 0,15 М розчину натрій ацетату, має рН = 4,35. Яка буферна ємність цього розчину?

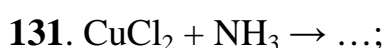
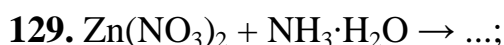
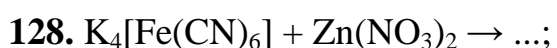
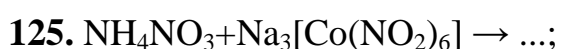
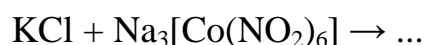
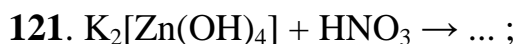
117. Як зміниться величина рН у розчині, що складається з амоніаку і амоній хлориду з молярними концентраціями речовин 1,1 моль/дм³, якщо до нього долили розчин гідроген хлориду з молярною концентрацією речовини НСІ 0,1 моль/дм³?

118. Як зміниться ступінь дисоціації формиатної кислоти (НСООН), якщо до 400 см³ її розчину з молярною концентрацією речовини 0,5 моль/дм³ долили 100 см³ розчину натрій формиату (НСООНa), що містить сіль масою 3,4 г?

119. У скільки разів зміниться концентрація речовини Н⁺ -іонів у розчині, що в 1 дм³ якого міститься амоніак кількістю речовини 0,05 моль і амоній хлорид кількістю речовини 1 моль, якщо додати до нього 0,01 моль: а) NaOH; б) НСІ?

120. Яку масу речовини калій ціаніду (KCN) треба додати до 1 дм³ розчину ціанідної кислоти з молярною концентрацією речовини HCN 0,1 моль/дм³ для одержання нейтрального розчину?

Дописати рівняння реакцій, вказати умови і назвати продукти реакцій. Пояснити будову, написати рівняння реакцій поетапної дисоціації комплексних іонів, константи нестійкості відповідних комплексів:



132. Обчислити молярну концентрацію речовини меркурій(2+)-іонів у 0,1М розчині дикалій тетрахлоромеркурату ($K_2[HgCl_4]$).

133. Є 0,1 М розчини тетраамінкадмій дихлориду ($[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$) і дикалій тетраціанокадмату ($\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$). В якому розчині молярна концентрація речовини Cd^{2+} -іона більша? Відповідь підтвердити обчисленнями.

134. Обчислити молярну концентрацію речовини Ag^+ -іона у 0,1М розчині калій диціаноаргентату(I) ($\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$).

135. Обчислити молярну концентрацію речовини Fe^{2+} -іонів і частку (%) розпаду комплексного іону у 0,1 М розчині тетракалій гексаціаноферату(II) ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$).

136. Є розчини однакової молярної концентрації дикалій тетраїодомеркурату ($\text{K}_4[\text{HgI}_4]$) і дикалій тетраціаномеркурату ($\text{K}_2[\text{Hg}(\text{CN})_4]$). Провести обчислення і показати, в якому розчині молярна концентрація речовини меркурій(2+)-іонів є більшою.

137. Обчислити молярну концентрацію речовини Co^{2+} -іонів і частку (%) розпаду комплексного іона у 0,2М розчині гексаамінкобальт трихлориду ($[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$).

138. Знайти частку (%) розпаду комплексного іона в 1М розчині дикалій тетраціаноніколату ($\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$), якщо константа нестійкості комплексного іона дорівнює $1 \cdot 10^{-31}$.

139. Обчислити молярну концентрацію речовини аргентум(1+)-іонів у розчині, що містить в 1 дм^3 аргентум нітрат (AgNO_3) кількістю речовини 0,1 моль і амоніак (NH_3) кількістю речовини 1 моль.

140. Обчислити молярну концентрацію речовини аргентум(1+)-іонів у розчині, що містить в 1 дм^3 аргентум нітрат (AgNO_3) кількістю речовини 0,1 моль і калій ціанід (KCN) кількістю речовини 2 моль.

141. Яку кількість амоніаку (NH_3) необхідно додати до 1 дм^3 0,5М розчину аргентум нітрату (AgNO_3), щоб понизити молярну концентрацію аргентум(1+)-іона до 10^{-5} моль/ дм^3 , якщо у розчині утворюється діамінаргентум(1+)-іон ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]$)?

142. У воді об'ємом 20 см^3 розчинили тетракалій гексаціаноферат(II) ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) масою 0,1842 г. Чому дорівнює молярна концентрація ферум(2+)-іона у розчині?

143. Обчислити рівноважні молярні концентрації речовин купрум(2+)-іона, амоніаку (NH_3) і всіх постадійно утворених комплексів з координаційними числами від 1 до 4 у розчинів, якщо початкові молярні концентрації речовини купрум(II) сульфату (CuSO_4) і амоніаку дорівнюють, відповідно, 0,01 моль/ дм^3 і 0,04 моль/ дм^3 .

144. Обчислити рівноважні молярні концентрації речовин Ag^+ , AgNO_2 , $\text{Ag}(\text{NO}_2)_2^-$ і NO_2^- частинок у розчині, який містить $0,02$ моль/дм³ $\text{K Ag}(\text{NO}_2)_2$ і $0,1$ моль/дм³ K NO_2 .

145. Наважку речовини меркурій дихлориду $2,7150$ г розчинили у 100 см³ $0,2\text{M}$ розчину хлоридної кислоти. Обчислити рівноважні молярні концентрації речовин Hg^{2+} , HgCl^+ , HgCl_2 , HgCl_3^- , HgCl_4^{2-} і Cl^- частинок у розчині.

146. Обчислити рівноважні молярні концентрації речовин Ag^+ , $\text{Ag}(\text{NH}_3)^+$, $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ і NH_3 у $0,05\text{M}$ розчині $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{ClO}_4$.

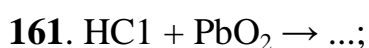
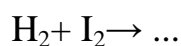
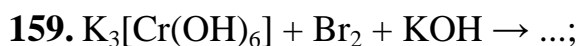
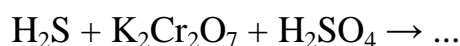
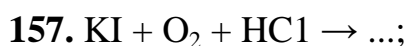
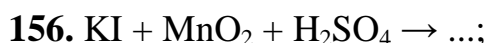
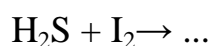
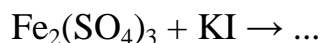
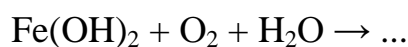
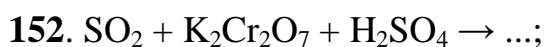
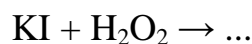
147. Обчислити рівноважні молярні концентрації Mg^{2+} , MgC_2O_4 , $\text{Mg}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}$ і $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ частинок у $0,05\text{M}$ розчині $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, який містить $0,2$ моль $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

148. Обчислити молярні концентрації цинк(2+)-іонів і його амоніакатних комплексів у розчині, який містить $0,02$ моль/дм³ цинк сульфату (ZnSO_4) і $0,1$ моль/дм³ амоніаку (NH_3).

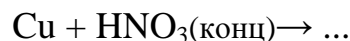
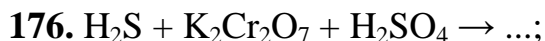
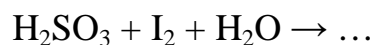
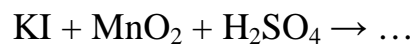
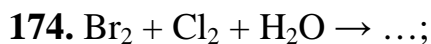
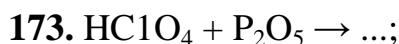
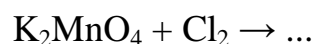
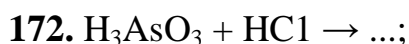
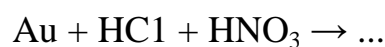
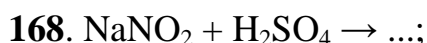
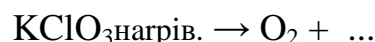
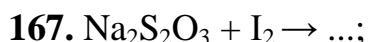
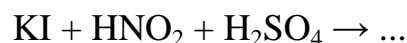
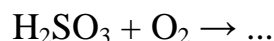
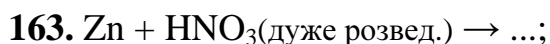
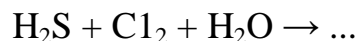
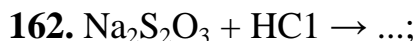
149. Розрахувати рівноважні молярні концентрації речовин кадмій(2+)-іона і його комплексів з ціанід-іонами у $0,1\text{M}$ розчині кадмій динітрату ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$) у присутності $0,5\text{M}$ розчину калій ціаніду (KCN).

150. Обчислити молярну концентрацію речовини аргентум(1+)-іонів у $0,2\text{M}$ розчині натрій монотіосульфатоаргентату(I) ($\text{Na}[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]$).

Дописати рівняння оксидно-відновних реакцій, урівняти методом напівреакцій. Обґрунтувати напрям перебігу реакцій, вказати їх умови і ознаки. Визначити молярні маси речовин еквівалентів окисника і відновника.



Дописати рівняння оксидно-відновних реакцій, урівняти методом напівреакцій. Обґрунтувати напрям перебігу реакцій, вказати їх умови і ознаки. Визначити молярні маси речовин еквівалентів окисника і відновника.



177. Визначити, яка зі сполук: KBrO_3 , KMnO_4 чи $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ є найбільш сильним окисником при $[\text{H}^+] = 1\text{M}$ та однаковою молярною концентрацією?

178. Визначити, які з аніонів Cl^- , Br^- або I^- будуть окиснюватись дією NO_2^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^- у кислому середовищі.

179. Визначити, чи можна дією PbO_2 у кислому середовищі окиснити: а) I^- до I_2 ; б) Mn^{2+} до MnO_4^- ; в) Cl^- до Cl_2 ; г) NO_2^- до NO_3^- .

180. Визначити, чи можна дією NaNO_2 у кислому середовищі відновити: а) Zn^{2+} до Zn ; б) MnO_4^- до Mn^{2+} ; в) ClO_3^- до Cl^- ; г) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ до Cr^{3+} .

181. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) AgCl у воді та в $0,01\text{M}$ розчині KCl .

182. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) Hg_2Cl_2 у воді та в $0,1\text{M}$ розчині KCl .

183. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) PbCrO_4 у воді та в $0,1\text{M}$ розчині K_2CrO_4 .

184. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) PbCrO_4 у воді та в $0,2\text{M}$ розчині $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

185. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) AgBr у воді та в 0,2М розчині NaBr.

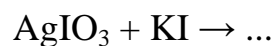
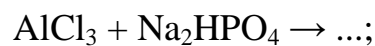
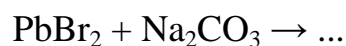
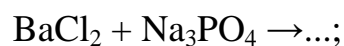
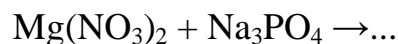
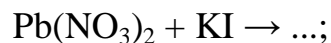
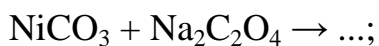
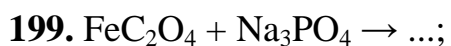
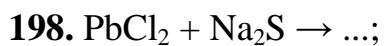
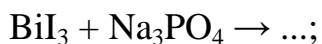
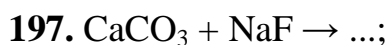
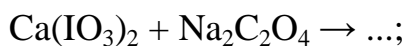
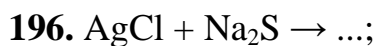
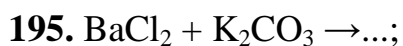
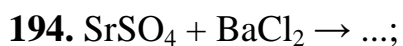
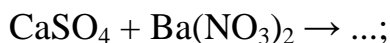
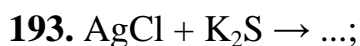
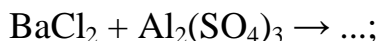
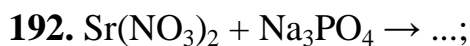
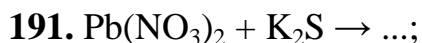
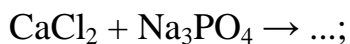
186. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) BaSO₄ у воді та в 0,2М розчині K₂SO₄.

187. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) SrSO₄ у воді та в 0,1М розчині K₂SO₄.

188. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) CaC₂O₄ у воді та в 0,01М розчині Na₂C₂O₄.

189. Розрахувати та порівняти розчинність (моль/л) CaSO₄ у воді та в 0,5М розчині K₂SO₄.

Закінчити рівняння реакції та написати іонно-молекулярні рівняння реакції утворення менш розчинних сполук, ніж вихідні. Вказати аналітичні ефекти реакцій. Написати математичні вирази добутків розчинності утворених малорозчинних сполук:



Закінчити рівняння реакції та написати іонно-молекулярні рівняння реакції утворення менш розчинних сполук, ніж вихідні. Вказати аналітичні ефекти реакцій. Написати математичні вирази добутків розчинності утворених малорозчинних сполук:

- | | |
|--|--|
| 200. $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2 + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \dots;$ | $\text{PbCl}_2 + \text{NaIO}_3 \rightarrow \dots;$ |
| $\text{CaCrO}_4 + \text{NaF} \rightarrow \dots;$ | $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| 201. $\text{AgBrO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \dots;$ | $\text{KCl} + \text{CH}_3\text{COOAg} \rightarrow \dots;$ |
| $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots;$ | $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| 202. $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + \text{KI} \rightarrow \dots;$ | $\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| $\text{CaSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \dots;$ | $\text{KBr} + \text{CH}_3\text{COOAg} \rightarrow \dots;$ |
| 203. $\text{SrSO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \dots;$ | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots;$ |
| $\text{AgCl} + \text{K}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ | $\text{NiCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots;$ |
| 204. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ | $\text{BaCl}_2 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \dots;$ |
| $\text{FeCl}_3 + \text{AgNO}_3 \rightarrow \dots;$ | $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| 205. $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ | $\text{AgBr} + \text{KI} \rightarrow \dots;$ |
| $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots;$ | $\text{CuSO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \dots;$ |
| 206. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI} \rightarrow \dots;$ | $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots;$ | $\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ |
| 207. $\text{BaCl}_2 + \text{SrSO}_4 \rightarrow \dots;$ | $\text{CaSO}_4 + \text{NaF} \rightarrow \dots;$ |
| $\text{PbCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ | $\text{FeCl}_3 + \text{AgNO}_3 \rightarrow \dots;$ |
| 208. $\text{CaCO}_3 + \text{NaF} \rightarrow \dots;$ | $\text{AgBr} + \text{K}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ |
| $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ | $\text{BaI}_2 + \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| 209. $\text{BaS}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots;$ | $\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ | $\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots;$ |
| 210. $\text{CH}_3\text{COOAg} + \text{KCl} \rightarrow \dots;$ | $\text{CaCrO}_4 + \text{NaF} \rightarrow \dots;$ |
| $\text{PbBr}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots;$ | $\text{ZnC}_2\text{O}_4 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \dots;$ |

Розрахувати величину константи рівноваги та зробити висновок щодо можливості проходження реакції:

- 211.** $\text{AgCl}\downarrow + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{Cl}^-.$
- 212.** $\text{PbSO}_4\downarrow + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})_3^- + \text{SO}_4^{2-}.$
- 213.** $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}.$
- 214.** $\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}.$
- 215.** $\text{AgCl}\downarrow + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}_3^{2-}.$

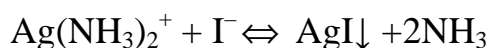
216. Запишіть рівняння реакцій перетворення осаду BaSO_4 в осад BaCO_3 й розчинення осаду BaCO_3 в ацетатній кислоті. Розрахуйте їх $\lg K$.

217. Врахувавши, що $\lg K_S(\text{Ba}^{2+}, \text{CrO}_4^{2-}) = -9,67$; $\lg K_S(\text{Sr}^{2+}, \text{CrO}_4^{2-}) = -4,44$; $\lg K_S(\text{Ca}^{2+}, \text{CrO}_4^{2-}) = -3,15$, поясніть, чому осад SrCrO_4 та CaCrO_4 не осаджуються при $\text{pH} = 4 \dots 5$, реакція є селективною для визначення Ba^{2+} у присутності Sr^{2+} та Ca^{2+} й може застосовуватись для відокремлення Ba^{2+} від Sr^{2+} та Ca^{2+} . Запишіть рівняння реакцій. Розрахуйте їх $\lg K$.

218. Константа рівноваги оборотної хімічної реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ дорівнює одиниці. Початкова молярна концентрація речовини А дорівнює 2 моль/дм³. Обчислити, яка частка (%) речовини А перетвориться за умов, якщо початкові концентрації речовини В дорівнюють 2,10 і 20 моль/дм³.

219. У реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ початкові молярні концентрації речовин А і В дорівнюють відповідно 0,5 і 0,3 моль/дм³. Обчислити, яка частка речовини А не прореагувала, якщо константа рівноваги цієї реакції дорівнює 1,2.

220. За допомогою розрахунку величини константи рівноваги визначити можливість випадіння осаду аргентум йодиду при додаванні калій йодиду у розчин, що містить амоніакатні комплекси срібла:



221. Розрахувати величини відповідних констант рівноваги та зробити висновки щодо можливості розчинення осадів MnS і CuS дією хлоридної кислоти.

222. В 1 дм³ насиченого за кімнатної температури розчину міститься сіль AgIO_3 масою 0,044 г. Обчислити добуток розчинності аргентум триоксоіодат(V) AgIO_3 .

223. Добуток розчинності барій сульфату (BaSO_4) дорівнює $1,1 \cdot 10^{-10}$. Обчислити розчинність барій сульфату (моль/дм³, г/дм³).

224. Добуток розчинності аргентум йодиду (AgI) дорівнює $8,3 \cdot 10^{-17}$. Обчислити розчинність аргентум йодиду (моль/дм³ і г/дм³).

225. Добуток розчинності кальцій сульфату (CaSO_4) дорівнює $2,5 \cdot 10^{-5}$. Яка кількість речовини кальцій(2+)-іона міститься у 300 см³ насиченого розчину CaSO_4 ?

226. Добуток розчинності стронцій сульфату (SrSO_4) дорівнює $3,2 \cdot 10^{-7}$. Обчислити, в якому об'ємі насиченого розчину міститься стронцій сульфат масою 0,1 г та стронцій(2+)-іон кількістю речовини 0,56 моль.

227. До 50 см^3 0.001M розчину гідроген броміду HBr додали 450 см^3 0.0001 M розчину аргентум нітрату(V) (AgNO_3). Обчислити, чи утвориться осад аргентум броміду AgBr .

228. Використовуючи значення добутоків розчинності аргентум хлориду (AgCl) і аргентум броміду (AgBr), доказати розрахунковим способом, у якому з насичених розчинів цих солей міститься більша кількість речовини аргентум(1+)-іона.

229. Яка маса речовини барій сульфату (BaSO_4) залишиться у 200 см^3 розчину при осадженні барій(2+)-іона еквівалентною кількістю дигідроген тетраоксосульфату? Чи можна вважати осадження повним за цих умов?

230. Які маси і кількості речовин аргентум(1+)-іона містяться в 1 дм^3 насичених розчинів аргентум хлориду (AgCl), аргентум броміду (AgBr), аргентум йодиду (AgI)?

231. Розчин містить по 0.01 моль/дм^3 речовин хлорид- і бромід-аніонів. Який з осадів випаде з розчину при додаванні однієї краплі розведеного розчину аргентум нітрату (AgNO_3)?

Чи утвориться осад, якщо до розчину речовини X молярної концентрації $c(X)$ додати рівний об'єм розчину речовини Y молярної концентрації $c(Y)$? Назвати речовину осаду.

	X	$c(X)$	Y	$c(Y)$
232.	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	0,02	Na_2SO_3	0,02
233.	MnSO_4	0,02	Na_2CO_3	0,02
234.	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$	0,02	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	0,02
235.	AgNO_3	0,02	KBr	0,02
236.	BaCl_2	0,02	Na_2CO_3	0,01
237.	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	0,02	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	0,02
238.	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,01	K_2SO_4	0,02
239.	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	0,02	K_2CrO_4	0,02
240.	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,02	K_2CrO_4	0,02

241. Під час визначення Кальцію гравіметричним методом отримали наступні результати CaO (%): 12,86; 12,90; 12,93; 12,84. Обчислити стандартне відхилення у визначенні вмісту Кальцію.

242. У срібній монеті під час аналізу паралельних проб отримали наступний вміст Аргентуму (%): 90,04; 90,12; 89,92; 89,94; 90,08; 90,02. Обчислити стандартне відхилення одиничного визначення та довірчий інтервал середнього значення (для $P = 0,95$).

243. Під час визначення молярної концентрації еквіваленту калій перманганату трьома студентами отримано наступні результати (моль/л):

- 1) 0,1013; 0,1012; 0,1012; 0,1014;
- 2) 0,1015; 0,1012; 0,1012; 0,1013;
- 3) 0,1013; 0,1015; 0,1015; 0,1013.

Обчислити стандартне відхилення одиничного визначення та довірчий інтервал середнього значення (для $P = 0,95$).

244. Під час визначення Плюмбуму у продуктах харчування атомно-абсорбційним методом одержано такі результати (мг/кг): 5,5; 5,4; 5,6; 5,7; 5,6; 5,4. Розрахувати середнє та його довірчий інтервал ($P=0,95$), оцінити відтворюваність визначення.

245. Під час аналізу ґрунтів на вміст Цинку в п'яти пробах одного зразка (2 аналізи для кожної проби) отримано наступні результати (%): 1) $8,5 \cdot 10^{-3}$; $9,2 \cdot 10^{-3}$; 2) $10,4 \cdot 10^{-3}$; $10,9 \cdot 10^{-3}$; 3) $7,2 \cdot 10^{-3}$; $7,3 \cdot 10^{-3}$; 4) $9,4 \cdot 10^{-3}$; $8,9 \cdot 10^{-3}$; 5) $7,3 \cdot 10^{-3}$; $6,7 \cdot 10^{-3}$. Обчислити стандартне відхилення у визначенні вмісту Цинку ($P = 0,95$).

246. Вміст Мангану в чотирьох зразках феромарганцю за результатами аналізів складає (%):

- 1) 21,34; 21,32; 21,31; 21,35;
- 2) 34,45; 34,41; 34,42; 34,43;
- 3) 50,17; 50,14; 50,13; 50,16;
- 4) 65,57; 65,56; 65,59; 65,50.

Обчислити стандартне відхилення у визначенні вмісту Мангану.

247. Під час визначення сульфат-іона гравіметричним методом було отримано наступні дані про вміст SO_3 (%): 15,51; 15,45; 15,48; 15,58; 16,21. Визначити, чи є останній результат грубою погрішністю.

248. Під час дослідження розчину отримали наступні значення рН: 5,48; 5,45; 5,30; 5,50; 5,55. Визначити, чи є значення рН 5,30 грубою погрішністю.

249. Чи є систематична погрішність у визначенні Платини новим методом, якщо під час аналізу стандартного зразка платинової руди, що містить 85,97% Pt, було отримано наступні результати Pt (%): 85,97; 85,71; 85,84; 85,79?

250. Під час титрування 0,1285 н. стандартного розчину сульфатної кислоти розчином натрій гідроксиду отримали наступні значення молярної концентрації еквівалента (моль/л): 0,1274; 0,1278; 0,1280; 0,1275. Встановити, чи є систематична погрішність у визначенні молярної концентрації еквівалента сульфатної кислоти.

251. Під час контрольного визначення Хрому за методом трьох еталонів у стандартному зразку сталі, що містить 15,10% Cr, на двох фотопластинах отримали наступний вміст Cr (%): 1) 13,50; 14,00; 14,50; 2) 17,00; 16,00; 18,20. Встановити, чи є систематична помилка у визначенні вмісту Хрому.

252. Вміст Fe_2O_3 у руді визначали двома методами: перманганатометрії та комплексонометрії. Отримали результати (%): 1) 60,12; 61,00; 61,25; 2) 58,75; 58,90; 59,50. Чи є значливою різниця в точності цих методів і середньоарифметичній величині результатів аналізу?

253. Під час визначення Цинку методом амперометричного титрування два студенти при титруванні однієї проби отримали такі значення маси Zn (мг): 1) 15,10; 15,05; 14,97; 2) 14,00; 13,50; 13,00 при справжньому значенні 15,00 мг цинку. Чи є систематична погрішність в отриманих результатах?

254. При визначення Кадмію в зразку полярографічним та екстракційно-фотометричним методами отримали такі результати ($\% \cdot 10^{-3}$): 1) 1,25; 1,26; 1,28; 2) 1,10; 1,25; 1,35. Чи є значливою різниця точності використаних методів?

255. Вимірювання рН буферного розчину проводили на двох потенціометрах різних типів. Отримали результати: 1) 3,70; 3,90; 4,12; 2) 4,20; 4,00; 4,15. Чи є значливою різниця точності цих приладів; різниця між середньоарифметичними величинами рН, отриманими за допомогою цих приладів?

256. Під час визначення нітратів у кавунах методом прямої потенціометрії одержано такі результати (мкг/г продукта): 0,28; 0,27; 0,25; 0,32; 0,26. Розрахувати середнє, його довірчий інтервал ($P=0,95$), оцінити відтворюваність визначення.

257. Під час дослідження розчину отримали наступні значення рН: 1,18; 1,15; 1,30; 1,50; 1,55. Визначити, чи у визначенні грубі погрішності.

259. Під час визначення нітратів у м'ясопродуктах іонометричним методом одержано такі результати (мг/кг продукта): 8,5; 8,1; 8,0; 8,6; 8,7; 8,6. Розрахувати середнє, його довірчий інтервал ($P=0,95$), оцінити відтворюваність визначення.

260. Під час визначення нітритів у м'ясопродуктах іонометричним методом одержано такі результати (мг/кг продукта): 1,6; 2,1; 2,0; 2,8; 2,4; 2,3. Розрахувати середнє, його довірчий інтервал ($P=0,95$), оцінити відтворюваність визначення.

261. Під час визначення вмісту Магнію гравіметричним методом отримали наступні результати $\text{Mg}(\text{C}_3\text{H}_6\text{ON})_2$ (оксихінолят) (%): 4,28; 4,30; 4,29; 4,34; 4,32. Обчислити стандартне відхилення у визначенні вмісту Магнію.

262. Потенціометричним методом отримані наступні результати визначення вмісту нітратів у картоплі (мг/кг продукта): 80, 100, 75, 90, 85. Оцінити наявність промахів у результатах аналізу.

263. Вміст Фосфору у рослинній сировині, отриманий спектрофотометричним методом з утворенням фосфорномолібденової (1) і фосфорнованадієвомолібденової (2) кислот, дорівнює (мкг/кг): 1) 3,3; 4,0; 3,0; 4,0; 2) 2,5; 4,0; 3,3; 4,2. Оцінити відтворюваність даних при використанні методик. Чи можна об'єднати усі дані в одну виборку з метою оцінювання вмісту Фосфора у рослинній сировині?

264. При визначенні вологості (%) у двох зразках крупи отримали такі результати: 1) 28,7; 29,8; 28,5; 28,0; 28,8; 28,2; 2) 26,5; 28,6; 28,4; 29,9. Чи можна зробити висновок, що вологість двох зразків однакова?. Якщо можна, то розрахуйте її, використовуючи дані обох серій. Якщо не можна, розрахуйте вологість кожного зразка окремо.

265. Для перевірки правильності методики полярографічного визначення Кадмію скористалися способом «введено – знайдено»:

<i>Введено, мкг Cd</i>	<i>Знайдено, мкг</i>
20,0	21,2; 24,5; 18,4; 21,4
40,0	44,4; 38,4; 39,6; 42,5

Чи можна стверджувати, що методика містить систематичну погрішність?

266. У досліджуваному зразку сплаву визначили мідь атомно-емісійним (1) і титриметричним (2) методами. Отримали такі результати (%): 1) 12,1; 14,1; 13,6; 14,8; 2) 13,40; 13,75; 13,65; 13,58. Чи можна для розрахунку вмісту міді об'єднати ці дані в одну виборку?

267. З метою перевірки правильності хроматографічної (1) методики визначення нітрит-іонів скористалися атестованою спектрофотометричною (2) методикою. Отримали такі результати аналізу одного й того ж самого зразка (мкг/мл): 1) 1,04; 1,12; 0,98; 1,08; 1,11; 2) 1,24; 1,22; 1,30; 1,09; 1,17. Чи можна стверджувати про наявність систематичної погрішності у хроматографічній методиці?

268. Вміст бромід-іонів у стандартному зразку мінеральної води складає за паспортом 0,019 г/л, а за даними потенціометричного аналізу – 0,08; 0,01; 0,019; 0,007; 0,016; 0,007 г/л. Чи можна стверджувати на основі результатів аналізу стандартного зразка, що методика визначення має погрішність?

269. У двох лабораторіях при визначенні кремнію у біологічному матеріалі диференціально-спектрофотометричним методом отримали такі результати (%): 1) 0,84; 0,95; 0,91; 0,91; 2) 0,90; 0,82; 0,96; 0,91; 0,81. Чи існує значлива різниця між результатами двох лабораторій? Якщо ні, об'єднайте дані в одну виборку і розрахуйте середнє і довірчий інтервал ($P = 0,95$). Якщо так, то проведіть розрахунки для кожної лабораторії окремо.

270. Під час комплексонометричного визначення загальної твердості водопровідної води були одержані такі результати (ммоль/л): 5,76; 6,11; 6,00; 5,82; 5,94; 6,03. Провести статистичну обробку результатів аналізу ($P=0,95$).

271. На титрування 20,00 мл розчину сульфатної (сірчаної) кислоти витрачено 19,50 мл 0,0096 н. розчину калій гідроксиду. Розрахувати нормальність розчину сірчаної кислоти і $T(\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KOH})$.

272. На титрування 20,00 мл розчину хлоридної (соляної) кислоти з титром 0,003517 г/мл витрачено 21,55 мл розчину натрій гідроксиду. Розрахувати $T(\text{NaOH} / \text{HCl})$, $T(\text{NaOH})$, $T(\text{NaOH} / \text{H}_2\text{SO}_4)$.

273. Для 0,1010 н. розчину калій перманганату визначити молярність, титр, титр KMnO_4 по $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

274. На титрування 25,00 мл 0,02 н. розчину динатрій оксалату у сульфатнокислому середовищі витрачено 25,50 мл розчину калій перманганату. Визначити нормальність і титр розчину калій перманганату.

275. До 20,00 мл 0,0500 н. розчину дикалій дихромату додали 2 н. розчин сірчаної кислоти і надлишок калій йодиду. На титрування іоду, що виділився в результаті реакції, витрачено 20,40 мл розчину натрій тіосульфату ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Написати рівняння реакції і визначити нормальність і титр розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

276. До кислого розчину калій йодиду додали 20,00 мл 0,1133 н. розчину калій перманганату. Йод, який виділився в результаті реакції, відтитрували 25,90 мл розчину натрій тіосульфату ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Розрахувати нормальність і титр розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

277. Наважку вершкового масла 9,40 г висушили до повного видалення вологи, при цьому маса її зменшилась на 3,30 г. Визначити відсотковий вміст води і сухої речовини у вершковому маслі.

278. На титрування Кальцію у 5,00 мл молока було витрачено 10,62 мл 0,05 моль/л розчину трилону Б. Розрахувати вміст (мас.%) Кальцію в молоці.

279. На титрування розчину Кальцію у наважці м'яса, масою 10,00 г, було витрачено 3,10 мл 0,0730 моль/л розчину трилону Б. Скільки Кальцію (мас.%) міститься у м'ясі?

280. Визначення відсотковий вміст води і сухої речовини у цибулі, якщо при аналізі одержали такі дані: маса бюкса з наважкою цибулі – 15,9139 г, маса пустого бюкса – 11,7451 г, маса бюкса з наважкою цибулі після висушування до постійної маси – 12,2372 г.

281. Розрахувати відсотковий вміст води і сухої речовини у картоплі, якщо при її дослідженні одержали такі дані: маса бюкса з наважкою картоплі – 17,4221 г, маса пустого бюкса – 12,8594 г, маса бюкса з наважкою картоплі після висушування до постійної маси – 13,3585 г.

282. 15,23 г маргарину нагріли у тиглі до повного видалення вологи. Після цього маса його зменшилася на 6,82г. Розрахувати відсотковий вміст води і сухої речовини у маргарині.

283. Під час визначення карбонатної твердості води на титрування 200,0 мл води витратили 10,25 мл 0,1М розчину HCl ($K=0,9845$). Під час визначення загальної твердості на 100,0 мл тієї ж води витратили 15,12 мл 0,05М розчину трилону Б ($K=0,8918$). Розрахувати загальну і постійну твердість води.

284. Для визначення загальної твердості на титрування 100,0 мл води витратили 15,40 мл розчину трилону Б з титром 0,005420 г/мл. Для визначення постійної твердості 200,0 мл тієї ж води прокип'ятили, осад, що випав, відфільтрували, фільтрат довели до 250,0 мл. На титрування 100,0 мл фільтрату витратили 10,50 мл того ж розчину трилону Б. Розрахувати карбонатну твердість води.

285. Визначити масову частку (%) індиферентних домішок у реактиві $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, якщо після розчинення наважки реактиву масою 0,2000 г Магній відтитрували 14,64 мл 0,0550 М розчином трилону Б.

286. Для стандартизації розчину динатрій сульфату, сульфат-іони осадили в вигляді $BaSO_4$. Розрахувати концентрацію розчину динатрій сульфату, якщо з 20,00 мл його було виділено 0,1115 г барій сульфату.

287. На 50 мл розчину $H_2C_2O_4$ під час титрування витрачається 21,16 мл розчину KOH ($T = 0,01234$ г/мл). З іншого боку, на титрування 20,00 мл того ж розчину $H_2C_2O_4$ у сульфатнокислому середовищі витрачається 19,67 мл розчину $KMnO_4$. Визначити титр розчину $KMnO_4$ за киснем.

288. Знайти масу йоду, що міститься в аналізованому розчині, якщо на титрування його було витрачено 20,00 мл 0,1040 н. розчину $Na_2S_2O_3$.

289. 25,00 мл розчину $KMnO_4$ з титром за киснем 0,0008112 г/мл додали до розчину, що містить надлишок KI і кислоту. Йод, що виділився, відтитрували 24,14 мл розчину $Na_2S_2O_3$. Розрахувати титр $Na_2S_2O_3$ за йодом.

290. До розчину калій йодиду (KI), що містить сульфатну кислоту, додали 20,00 мл 0,1133 н розчину KMnO_4 . Йод, що виділився, відтитрували 25,90 мл розчину натрій тіосульфату ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Знайти нормальність розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

291. У мірну колбу місткістю 250,0 мл внесли наважку білильного вапна масою 3,359 г, додали води до мітки. На йодометричне титрування 25,00 мл отриманого розчину було витрачено 18,29 мл розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,002453$ г/мл). Розрахувати масову частку (%) активного хлору в білильному вапні.

292. Розрахувати, який об'єм 0,1 н. розчину KMnO_4 є достатнім для окиснення 0,2 г $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

293. Наважку невідомої речовини масою 2,0000 г розчинили у мірній колбі місткістю 100,0 мл. На титрування 25,00 мл розчину витратили 20,00 мл 0,4455М розчину HCl . Визначити, яка речовина була у наважці: NaOH чи KOH ?

294. Знайти для 0,1010 н розчину KMnO_4 молярність; титр; титр за киснем; титр за залізом.

295. Який об'єм розчину сульфатної кислоти (H_2SO_4) з масовою часткою речовини дигідроген тетраоксосульфату (H_2SO_4) 10% і густиною 1,07 г/см³ необхідно витратити на нейтралізацію розчину натрій гідроксиду, який містить NaOH масою 10,00 г?

296. В якому об'ємі розчину ацетатної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини CH_3COOH 25% ($\rho = 1,035$ г/см³) міститься речовина CH_3COOH кількістю 1 моль?

297. У воді розчинили 28,00 г (хч) KOH і 40,20 г (хч) NaOH і розбавили водою до 1500 мл. Обчислити молярну концентрацію отриманого розчину.

298. Яку масу розчину натрій хлориду (NaCl) з масовою часткою розчиненої речовини 30% необхідно додати до води масою 300 г, щоб одержати водний розчин NaCl з масовою часткою розчиненої речовини 10%?

299. На нейтралізацію 0,2140 г суміші, що складається з карбонатів барію і кальцію, витратили 15,00 мл 0,2000М розчину HCl . Обчислити масові частки карбонатів барію і кальцію у суміші.

300. Було змішано: 300 мл розчину, що містить у цьому об'ємі 1,56 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 400 мл 0,0365М розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та 250 мл 0,213 н. розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Після цього отриману суміш було розведено дистильованою водою до 1 л. Розрахувати нормальність отриманого розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.



5 ІНДИВІДУАЛЬНІ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЦЬКІ ЗАВДАННЯ

Найважливіше завдання цивілізації – навчити людину мислити.

Т.А Едісон

Мистецтво робити висновки й аналізувати, як і всі інші мистецтва, досягається тривалою і наполегливою працею.

А. Конан Дойл

Індивідуальна робота студентів є складовою їх самостійної роботи у міжсесійний період. Вона реалізується на основі співдружності «викладач – студент – викладач». Викладач, враховуючи індивідуальні особливості студента, його майбутню професійну діяльність, видає студенту індивідуальне навчально-дослідницьке завдання (ІНДЗ), надаючи при цьому необхідну консультацію щодо його виконання й оформлення.

Індивідуальне навчально-дослідницьке завдання з дисципліни для студентів заочної форми навчання – написання реферату за певною темою. Метою написання реферату є розширення світогляду та поглиблення знань студентів з аналітичної хімії; розвиток логічного мислення; оволодіння стилем наукового мовлення тощо. Робота над рефератом сприяє виробленню у студентів навчально-дослідницьких умінь – уміння аналізувати, зіставляти та узагальнювати різні підходи, погляди, конкретний матеріал, уміння розкривати своє ставлення до досліджуваних проблем, формулювати на цій основі правильні обґрунтовані висновки; формуванню навичок науково-дослідної роботи – підбір і пошук необхідної інформації, її опрацювання, складання списку використаних джерел (бібліографічного списку), представлення й оформлення опрацьованих матеріалів тощо.

Виконання ІНДЗ оцінюється в 9-15 балів. Під час оцінювання викладачем враховуються характер засвоєння і розуміння вже відомого знання (рівень усвідомлення, обсяг, повнота і точність знань); якість виявленого студентом знання (логіку мислення, аргументацію, послідовність і самостійність викладу, культуру мовлення); оволодіння методологією наукового пошуку, досвідом творчої діяльності; якість виконання роботи (оформлення, ретельність тощо).

5.1 Загальні рекомендації щодо роботи над рефератом

Реферат (з лат. *refero* – доповідати, повідомляти) – 1) стислий виклад наукової роботи, змісту прочитаної книги і т. ін.; 2) доповідь на визначену тему, що базується на огляді літературних та інших джерел.

Робота над рефератом складається з декількох етапів:


- 1 – вибір теми реферату;
- 2 – збір інформації за темою, підбір літератури (монографій, наукових статей, нормативних документів, довідників, інших матеріалів);
- 3 – ґрунтовне опрацювання інформації, вивчення літератури;
- 4 – складання плану реферату;
- 5 – аналіз і систематизація опрацьованої інформації за темою реферату;
- 6 – внесення правок, уточнення плану реферату;
- 7 – визначення необхідності у додатковій інформації, її пошук і опрацювання;
- 8 – складання бібліографічного списку (списку використаної літератури, Інтернет-ресурсів тощо);
- 9 – оформлення реферату згідно вимог.

Перший етап є дуже важливим, оскільки саме вдалий вибір цікавої і корисної для студента теми обумовлює успішне виконання ним подальшої роботи та її завершення. Тематикою обумовлюється і вид реферату.

Під час самостійної роботи над дисципліною «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія» студенти заочної форми навчання можуть працювати на рефератом певного, обумовленого тематикою, виду:

- *проблемний* – огляд і аналіз наукових джерел, присвячених певній проблемі (тенденціям розвитку аналітичної хімії, особливостям діяльності аналітичної служби підприємств харчової промисловості, інструменталізації й комп'ютеризації хімічного аналізу тощо);
- *оглядовий* – аналіз і описання проблематики певного виду літературних джерел (журналів, підручників, програмних продуктів тощо);
- *пошуковий* – виклад змісту наукової роботи, що висвітлює відповідну інформацію та включає елементи самостійного наукового пошуку.

Найбільш часто студенти заочної форми навчання виконують реферати проблемного виду.

 Вибір теми і виду реферату обов'язково узгоджується з науковим керівником ІНДЗ (лектором дисципліни).

Після визначення теми проводиться настановча консультація з науковим керівником, на якій студент повинен усвідомити загальні вимоги до роботи, порядок її виконання, скласти орієнтовний план, отримати рекомендації щодо інформаційних джерел, які підлягають вивченню та ін.

☝ Сила будь-якої людини, будь-якого фахівця у нашому швидкому суспільстві знань – в об'єднанні комп'ютерних технологій, «паперових» книг і простих раціональних прийомах спілкування з інформацією.

Головним джерелом інформації була і залишається книга. Тому пошук інформації за темою, підбір літератури (монографій, наукових статей, нормативних документів, довідників, інших матеріалів) слід починати у бібліотеці, по бібліотечним каталогам. Щоб швидко підібрати літературу з конкретної теми доцільно скористатися систематичним каталогом, бо в ньому літературу розміщено за тематичним принципом. У деяких випадках доцільно скористатися алфавітним каталогом, у якому необхідну книгу шукають або за її назвою, або за прізвищем її автора.

Пошук літератури слід проводити за планом, який у загальному вигляді можна представити таким чином:

1. Загальна інформація о проблемі (за допомогою підручників, довідників, енциклопедій).
2. Використання знайдених посилань для подальшого ознайомлення з проблемою.
3. Пошук оглядів і монографій, ознайомлення з ними; використання знайдених за їх допомогою посилань на оригінальну літературу.
4. Систематичний пошук за допомогою реферативних жерналів (предметний, авторський, патентний тощо).
5. Ознайомлення з рефератами.
6. Опрацювання оригінальних робіт.

Зауважимо, що окремі пункти наведеного плану, залежно від поставленого завдання, можуть бути відсутніми.

Оригінальні статті, огляди, різноанітні інформаційні матеріали з аналітичної хімії друкуються у багатьох журналах різними мовами, найбільшою мірою – англійською.

Журнали з аналітичної хімії можна поділити на чотири групи:

1 – періодичні видання з аналітичної хімії в цілому («Журнал аналитической химии», «Методы и объекты химического анализа», «Заводская лаборатория. Диагностика материалов», «Аналитика и контроль» та ін.);

2 – журнали за окремими напрямками аналітичної хімії («Журнал прикладной спектроскопии», «Оптика и спектроскопия», «Сорбционные и хроматографические процессы» та ін.);

3 – загальнонаукові видання, а також журнали по суміжним галузям науки, які друкують матеріали і по хімічному аналізу («Український хімічний журнал», «Журнал прикладной химии», «Теоретическая и экспериментальная химия», «Успехи химии», «Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология» та ін.);

4– реферативні журнали (російський реферативний журнал «Химия», британський журнал «Analytical Abstracts» та ін.).

Відносно повний перелік журналів, що друкують статті по аналітичній хімії і хімічному аналізу, розміщений на сайті Наукової Ради РАН з аналітичної хімії (www.rusanalytchem.org). В Інтернеті можна ознайомитись зі змістом цих журналів, а у деяких випадках – і з електронними копіями статей.

Під час пошуку інформації доцільно відвідати наукову електронну бібліотеку elibrary (www.elibrary.ru), на сервері якої представлені повнотекстові версії журналів, що видаються кращими академічними виданнями світу; сайт Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського (www.nbuv.gov.ua), на якому представлена велика кількість повнотекстових електронних копій наукових матеріалів, що виходять друком в Україні.

Рекомендуємо ознайомлення з інформацією починати з найсвіжіших джерел, а потім вибірково – з більш ранньою літературою і лише тією мірою, що є необхідною для розуміння певних питань. Необхідно критично ставитись до наукової літератури.

На сьогодні існує досить велика кількість посібників щодо ефективної роботи з інформацією. Рекомендуємо ознайомитись з деякими з них, наприклад, з практичним посібником російського журналіста Георгія Гецова «Як ефективно працювати з інформацією з книг, журналів, газет та інших джерел. Прийоми традиційні і нові» (рос.), що був виданий у 2006 р. у Москві, і виробити власну систему роботи з інформацією.

Опрацьовуючи інформаційні джерела, необхідно в окремому зошиті робити виписки, анотації, конспекти основних положень і підходів автора. Слід виділяти ключові поняття, проблеми, питання, навколо яких планується розкриття теми.

Особливо підкреслимо: братися за написання тексту реферату слід тільки після того, як попередньо складено план його побудови. План можна складати

за принципом від загальних положень до часткових, і навпаки. Головне, щоб він враховував специфіку дослідження, був чітким і логічним.

Структура реферату (з обов'язковими елементами):

1. Титульний лист.
2. Зміст реферату (з позначенням сторінок).
3. Вступ, у якому обґрунтовується актуальність обраної теми, вказується ступінь її розробленості, ставляться завдання, які необхідно вирішити.
4. Основна частина, в якій проводиться виклад основних ідей, викладених в опрацьованій за темою реферата літературі, порівняння поглядів різних дослідників на проблему та ін.
5. Висновки, у яких стисло подаються результати роботи, особисте ставлення до аналізованої літератури, підводяться її підсумки. Найкраще викладати висновки за поставленими завданнями.
6. Список використаних джерел (не менше 10 джерел): підручників, монографій, наукових статей тощо.

Написання реферату вимагає точності, виразності і стислості подачі матеріалу. Виклад тексту має бути послідовним, логічно завершеним, з чіткими формулюваннями, що виключають двозначне та неправильне розуміння інформації. Особливо важливо при цьому правильно застосовувати термінологію.

Стилю та мові реферату необхідно приділяти істотну увагу. Назви і заголовки окремих частин реферату повинні бути короткими і відображати головну сутність викладеного у них змісту. Викладення матеріалу основної частини підпорядковують одній провідній ідеї, чітко визначеній автором.

Стиль письмової наукової мови – це, найчастіше, безособовий монолог, тому виклад (в основному) ведеться від третьої особи. Основне місце – формам недоконаного виду дієслова теперішнього часу, оскільки вони не виражають відношення дії, що описується, до моменту висловлювання (наприклад: «У даній роботі розглядаються...»). Крім того, поширення отримали вказівні займенники («цей», «той», «такий»), які не тільки конкретизують предмет, але і виражають логічні зв'язки між частинами висловлювання (наприклад: «Наведені факти є достатньою основою для висновку...»). Займенники «щось», «дещо», «що-небудь» внаслідок невизначеності їх значення в тексті реферату використовувати не рекомендується. Також для уникнення категоричності висловлювань (особливо при демонструванні власної позиції) рекомендується вживати наступні вислови: «вірогідно», «можливо», «на нашу думку» тощо.

Обов'язковою умовою об'єктивності викладення матеріалу є вказівка на те, яким є джерело повідомлення, ким висловлена думка, кому належить той або інший вислів. У тексті ця умова може бути реалізована за допомогою використання спеціальних слів і словосполучень («на думку», «згідно із», «за даними» тощо).

Реферат повинен продемонструвати знання і розуміння студентом обраної теми. У роботі необхідно логічно і аргументовано викладати зміст і результати досліджень, уникаючи загальних слів і бездоказових тверджень, особливу увагу приділяючи репрезентації опрацьованих інформаційних джерел. Наводячи різні точки зору з того чи іншого питання, студенту доцільно демонструвати і власну позицію. Висловлюючи будь-які положення, бажано підкріплювати їх достатніми аргументами. Викладення матеріалу має бути творчим. Але не варто перевантажувати реферат цитатами.

5.2 Рекомендації щодо оформлення реферату


Реферат, обсягом 15-20 сторінок, має бути набраний українською мовою на комп'ютері у текстовому редакторі Microsoft Office Word і роздрукований на папері формату А4 (210*297 мм). Шрифт тексту Times New Roman 14пт через 1,5 інтервали, стиль – звичайний, вирівнювання – за шириною, абзацний відступ – 1,25. Поля: з усіх боків – 20 мм. Кожна ілюстрація, рисунок, діаграма повинні бути підписані, таблиця – мати назву. Нумерацію сторінок подають арабськими цифрами внизу по центру сторінки без крапки в кінці.

Титульний аркуш реферату містить назву міністерства, вищого навчального закладу, назву кафедри, де виконана робота, назву роботи; прізвище, ім'я, по-батькові студента; прізвище, ім'я, по-батькові керівника; місто й рік виконання роботи.

Зміст подають на початку реферату. Він містить найменування та номери початкових сторінок усіх розділів, підрозділів, пунктів (якщо вони є і мають заголовки), зокрема, вступу, загальних висновків, додатків, списку використаної літератури та ін. Не допускається називати розділи загальними фразами “Теоретична частина”, “Практична частина”. У назвах розділів має відобразитись сутність досліджуваного питання.

Щоб вказати джерела цитат, запозичень конкретних положень, формул, статистичних даних та деяких інших відомостей, а також щоб навести відомості про проаналізовану у рефераті літературу, застосовують бібліографічні посилання. Бібліографічний опис друкованої праці являє собою сукупність відомостей про неї (а також її частину або групу праць), які дають можливість

ідентифікувати працю, одержати уявлення про її зміст, читацьке призначення, обсяг та ще деякі дані. В Україні є чинними правила бібліографічного опису друкованих праць, встановлені стандартом ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання». Правила бібліографічного опису друкованих праць є обов'язковими для всіх, у кого виникає потреба складати списки літературних джерел.

 Складають бібліографічний опис кожного джерела мовою, на якій його видано.

5.3 Тематика рефератів

1. Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії в Україні і світі.
2. Роль аналітичної хімії у вирішенні екологічних проблем суспільства.
3. Засоби та методи оперативного аналітичного контролю стану навколишнього середовища.
4. Методи визначення кислотності середовища (рН-метрія) та їх використання в аналізі харчових систем.
5. Кислотно-основне титрування у неводному середовищі в хіміко-технологічному контролі харчових виробництв.
6. Основні хімічні компоненти харчових систем. Методи їх вилучення, концентрування і розділення.
7. Фальсифікація харчових продуктів. Роль аналітичної хімії у забезпеченні безпечності харчових продуктів.
8. Мікроаналіз, його методи. Визначення мінеральних речовин та токсичних мікроелементів в органічних та біологічних об'єктах.
9. Кінетичні методи аналізу, їх місце і значення для хімічного аналізу.
10. Координаційні сполуки в новітніх технологіях (фотохімічні процеси і молекулярні прилади; альтернативні джерела, консервація і збереження енергії; зберігання й обробка інформації; сенсори та ін.).
11. Використання окисно-відновного титрування для хіміко-технологічного контролю харчових виробництв.
12. Кулонометрія. Суть, переваги й недоліки, можливості використання.
13. Біологічні методи аналізу (суть, живі організми, їх органи й тканини, фізіологічні функції та ін – аналітичні індикатори; можливості використання).

14. Біохімічні методи аналізу (ферментативні, імунохімічні). Їх використання для аналізу харчових продуктів.

15. Сучасний стан і тенденції використання хімічних та фізико-хімічних методів для аналізу харчових продуктів.

16. Термічні методи (термогравіметрія; термічний аналіз; термотитриметрія та ін.). Суть, переваги й недоліки, можливості використання.

17. Методи аналізу біологічно-активних речовин у рослинній сировині.

18. Методи визначення антиоксидантів у сировині і готових виробках.

19. Особливості аналізу високомолекулярних сполук. Методи хімічного аналізу, що використовуються для ідентифікації харчових гідроколоїдів.

20. Організовані середовища, їх використання у хімічному аналізі.

21. Екстракція: суть, класифікації методів, теорія і розрахунки, використання для хімічного аналізу.

22. Хроматографія: суть, класифікації методів, теорія і розрахунки, використання для хімічного аналізу.

23. Іонний обмін: суть, класифікації сорбентів, теорія і розрахунки, використання для хімічного аналізу.

24. Органічні реагенти в хімічному аналізі, їх класифікація, переваги і недоліки (у порівнянні з неорганічними реагентами), перспективи використання.

25. Інформаційні ресурси мережі Інтернет в галузі аналітичної хімії.


26. Використання тест-методів і сенсорів для експрес-аналізу якості і безпеки харчових продуктів.

27. Засоби та методи оперативного аналітичного контролю, що використовуються для технохімічного контролю харчових виробництв.

28. Можливості використання комп'ютерних програм для розрахунків різних видів хімічних рівноваг (конкретні приклади).

29. Хімічна метрологія. Роль статистики в аналізі.

30. Хемометрика: сучасний стан і тенденції розвитку.

 Тема реферату може бути запропонована студентом з урахуванням його особистісних інтересів, при цьому вона обов'язково повинна бути узгоджена з науковим керівником (лектором дисципліни).



РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 книгах. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ: Учеб. для вузов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2005. – 615 с.
2. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 книгах. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа: Учеб. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 559 с.
3. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний аналіз. – Навч.-метод. посібн. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
4. Пестіна Г.О. Аналітична хімія. – Навч. посіб. – Харків: ХДУХТ, 2004. – 237 с.
5. Добровольська О.В., Смірнова І.С. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Част.1. Якісний аналіз. – Навч. посібн. – Харків: ХДУХТ, 2004.– 96 с.
6. Добровольська О.В., Упатова О.І., Гурікова І.М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Част. 2. Кількісний аналіз. – Навч. посібн. – Харків: ХДУХТ, 2005. – 179 с.
7. Ю.А.Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.А.Золотова. – М.: Высш. шк., 2002. – 351 с.
8. Ю.А.Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.А.Золотова. – М.: Высш. шк., 2002. – 494 с.
9. Отто М. Современные методы аналитической химии (в 2-х томах). Пер. с нем. / Под ред. А.В. Гармаша. – М.: Техносфера. – Т. 1, 2003. – 412 с.
- 10.Отто М. Современные методы аналитической химии (в 2-х томах). Пер. с нем. / Под ред. А.В. Гармаша. – М.: Техносфера. – Т. 2, 2004. – 281 с.
- 11.Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн.: Кн. 1. Аналитическая химия. Титриметрические и гравиметрический методы анализа: Учеб. для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2002. – 368 с.
- 12.Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн.: Кн. 2. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учеб. для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 384 с.
- 13.Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 6-е изд., перераб. и доп.– М.: Химия, 1989. – 448 с.



ДОДАТКИ

Додаток А

КОНСТАНТИ ІОНІЗАЦІЇ СЛАБКИХ КИСЛОТ ТА ОСНОВ

Наведені ступінчаті константи іонізації кислот та основ за кімнатної температури та нульовій іонній силі розчину.

Назва	Формула	K	pK
<i>К и с л о т и</i>			
Азидна	HN_3	$2,0 \cdot 10^{-5}$	4,70
Ацетатна (оцтова)	CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Бензойна	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
Борна (<i>орто</i>)	H_3BO_3	K_1 $7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
		K_2 $1,8 \cdot 10^{-13}$	12,74
		K_3 $1,6 \cdot 10^{-14}$	13,80
Гідроген пероксид	H_2O_2	$2,0 \cdot 10^{-12}$	11,70
Карбонатна	H_2CO_3	K_1 $4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
		K_2 $4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Нітритна	HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Оксалатна	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	K_1 $5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
		K_2 $5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27
Сульфитна	H_2SO_3	K_1 $1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
		K_2 $6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сульфідна	H_2S	K_1 $1,0 \cdot 10^{-7}$	7,0
		K_2 $2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Тіоціанатна (роданідна)	HSCN	10	-1
Флуоридна	HF	$6,2 \cdot 10^{-4}$	3,21
Форміатна (мурашина)	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Фосфатна (<i>орто</i>)	H_3PO_4	K_1 $7,1 \cdot 10^{-3}$	2,15
		K_2 $6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
		K_3 $5,0 \cdot 10^{-13}$	12,3
Ціанідна	HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Ціанова	HOCN	$2,7 \cdot 10^{-4}$	3,57
<i>О с н о в и</i>			
Амоніака розчин	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Кальцій гідроксид	Ca(OH)_2	K_2 $4,0 \cdot 10^{-2}$	1,40

ЛОГАРИФМИ СУМАРНИХ КОНСТАНТ СТІЙКОСТІ КОМПЛЕКСНИХ ІОНІВ (t=25°C, μ=0)

Ліганд	Центральний іон	lg β _i					
		1	2	3	4	5	6
Br ⁻	Ag ⁺	4.38	7.34	8.00	8.73	8.44	–
	Hg ²⁺	9.05	17.33	19.74	21.00	–	–
	Pb ²⁺	2.23	3.00	2.83	2.93	–	–
CN ⁻	Ag ⁺	–	19.85	20.55	19.42	–	–
	Fe ²⁺	–	–	–	–	18.6	36.9
	Fe ³⁺	–	–	–	–	–	43.9
	Hg ²⁺	17.00	32.75	36.31	38.97	39.83	40.62
CO ₃ ²⁻	Ca ²⁺	3.2	–	–	–	–	–
	Cu ²⁺	6.77	10.01	–	–	–	–
	Pb ²⁺	–	9.09	–	–	–	–
Cl ⁻	Ag ⁺	3.04	5.04	5.04	5.30	–	–
	Bi ³⁺	2.43	4.7	5.0	5.6	6.1	6.42
	Cu ⁺	–	5.35	5.63	–	–	–
	Fe ³⁺	1.45	2.10	1.10	–	–	–
	Hg ²⁺	6.74	13.22	14.17	15.22	–	–
F ⁻	Al ³⁺	7.10	11.98	15.83	18.53	20.20	20.67
	Fe ³⁺	6.04	10.74	13.74	15.74	16.10	16.10
HPO ₄ ²⁻	Fe ²⁺	7.2	–	–	–	–	–
	Fe ³⁺	9.75	–	–	–	–	–
H ₂ PO ₄ ⁻	Fe ³⁺	3.5	–	–	9.15	–	–
I ⁻	Ag ⁺	6.58	11.74	13.68	13.10	–	–
	Hg ²⁺	12.87	23.82	27.60	29.83	–	–
	Pb ²⁺	1.26	2.80	3.42	3.92	–	–
NH ₃	Ag ⁺	3.32	7.23	–	–	–	–
	Cu ²⁺	3.99	7.33	10.06	12.03	11.43	8.9
	Hg ²⁺	8.8	17.5	18.5	19.3	–	–
	Ni ²⁺	2.67	4.79	6.40	7.47	8.10	8.01
OH ⁻	Ag ⁺	2.30	4.0	5.2	–	–	–
	Al ³⁺	9.0	?	27	33	–	–
	Bi ³⁺	12.4	15.8	?	35.2	–	–
	Ca ²⁺	1.46	11.0	–	–	–	–

(Продовження таблиці додатку Б)

Ліганд	Центральний іон	lg β_i					
		1	2	3	4	5	6
OH ⁻	Cr ³⁺	10.1	17.8	?	29.9	–	–
	Cu ²⁺	6.0	13.18	14.42	14.56	–	–
	Fe ²⁺	5.56	9.77	9.67	8.56	–	–
	Fe ³⁺	11.87	21.17	30.67	–	–	–
	Hg ₂ ²⁺	9.0	–	–	–	–	–
	Hg ²⁺	10.30	21.70	21.20	–	–	–
	Ni ²⁺	4.97	8.55	11.33	–	–	–
	Pb ²⁺	7.52	10.54	13.95	–	–	–
	Sn ²⁺	11.93	20.94	25.40	–	–	–
	Sn ⁴⁺	?	?	?	?	?	63.0
SCN ⁻	Ag ⁺	4.75	8.23	9.45	9.67	–	–
	Al ³⁺	0.42	–	–	–	–	–
	Cu ⁺	?	?	9.90	10.05	9.59	9.27
	Cu ²⁺	2.30	3.65	5.19	6.62	–	–
	Fe ²⁺	1.31	0.43	–	–	–	–
	Fe ³⁺	3.03	4.33	4.63	4.53	4.23	3.23
	Hg ²⁺	?	17.60	20.40	21.20	–	–
SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	3.2	5.1	–	–	–	–
	Fe ²⁺	2.30	–	–	–	–	–
	Fe ³⁺	4.04	5.38	–	–	–	–
	Pb ²⁺	2.62	3.47	–	–	–	–

**НОРМАЛЬНІ ОКИСНІ ПОТЕНЦІАЛИ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО
ПОТЕНЦІАЛУ НОРМАЛЬНОГО ВОДНЕВОГО ЕЛЕКТРОДУ ПРИ 25°С**

Символ елемента	Вищий ступінь окиснення	+ ze ⁻	Низьший ступінь окиснення	E°, В
Ag	Ag ⁺	+ e ⁻	Ag↓	0.80
	AgBr↓	+ e ⁻	Ag↓ + Br ⁻	0.07
	AgCl↓	+ e ⁻	Ag↓ + Cl ⁻	0.22
	AgI↓	+ e ⁻	Ag↓ + I ⁻	-0.15
	Ag ₂ O + H ₂ O	+ 2e ⁻	2Ag + 2OH ⁻	0.34
As	H ₃ AsO ₄ + 2H ⁺	+ 2e ⁻	HAsO ₂ + 2H ₂ O	0.56
	AsO ₄ ³⁻ + 2H ₂ O	+ 2e ⁻	AsO ₂ ⁻ + 4OH ⁻	-0.71
Br	Br ₂	+ 2e ⁻	2Br ⁻	1.09
	2BrO ₃ ⁻ + 12H ⁺	+10e ⁻	Br ₂ + 6H ₂ O	1.52
	2BrO ₃ ⁻ + 6H ₂ O	+10e ⁻	Br ₂ + 12OH ⁻	0.50
	2BrO ₃ ⁻ + 6H ⁺	+ 6e ⁻	Br ⁻ + 3H ₂ O	1.45
	2BrO ₃ ⁻ + 3H ₂ O	+ 6e ⁻	Br ⁻ + 6OH ⁻	0.61
C	HCOOH + 2H ⁺	+ 2e ⁻	HCHO + H ₂ O	-0.01
	HCOO ⁻ + 2H ₂ O	+ 2e ⁻	HCHO + 3OH ⁻	-1.07
	CO ₂ ↑ + 2H ⁺	+ 2e ⁻	CO↑ + H ₂ O	-0.12
Cl	Cl ₂	+ 2e ⁻	2Cl ⁻	1.36
	ClO ₃ ⁻ + 6H ⁺	+ 6e ⁻	Cl ⁻ + 3H ₂ O	1.45
	2ClO ₃ ⁻ + 12H ⁺	+10e ⁻	Cl ₂ + 6H ₂ O	1.47
	ClO ₃ ⁻ + 3H ₂ O	+ 6e ⁻	Cl ⁻ + 6OH ⁻	0.63
	ClO ₄ ⁻ + 8H ⁺	+ 8e ⁻	Cl ⁻ + 4H ₂ O	1.38
	ClO ₄ ⁻ + 4H ₂ O	+ 8e ⁻	Cl ⁻ + 8OH ⁻	0.56
Cr	Cr ³⁺	+ e ⁻	Cr ²⁺	-0.41
	Cr ₂ O ₇ ²⁻ + 14H ₂ O	+ 6e ⁻	2Cr ³⁺ + 7H ₂ O	1.33
	CrO ₄ ²⁻ + 4H ₂ O	+ 3e ⁻	Cr(OH) ₃ + 5OH ⁻	-0.13
Cu	Cu ²⁺	+ 2e ⁻	Cu↓	0.35
	Cu ⁺	+ e ⁻	Cu↓	0.53
	Cu ²⁺	+ e ⁻	Cu ⁺	0.16
	Cu ²⁺ + I ⁻	+ e ⁻	CuI↓	0.86
	Cu(NH ₃) ₄ ²⁺	+ e ⁻	Cu(NH ₃) ₂ ²⁺ + 2NH ₃	-0.01
Fe	Fe ³⁺	+ e ⁻	Fe ²⁺	0.77
	Fe(CN) ₆ ³⁻	+ e ⁻	Fe(CN) ₆ ⁴⁻	0.36
	Fe ₃ O ₄	+ 2e ⁻	3Fe ²⁺ + 4H ₂ O	1.21

(Продовження таблиці додатку В)

Символ елемента	Вищий ступінь окиснення	+ ze ⁻	Низьший ступінь окиснення	E°, В
Н	2H ⁺	+ 2e ⁻	H ₂ ↑	0.000
	H ₂ O ₂ + 2H ⁺	+ 2e ⁻	2H ₂ O	1.77
	HO ₂ ⁻ + H ₂ O	+ 2e ⁻	3OH ⁻	0.88
Hg	2Hg ²⁺	+ 2e ⁻	Hg ₂ ²⁺	0.91
	Hg ₂ ²⁺	+ 2e ⁻	2Hg↓	0.79
Hg	HgCl ₂	+ 2e ⁻	2Hg↓ + 2Cl ⁻	0.27
I	I ₂	+ 2e ⁻	2I ⁻	0.54
	I ₃ ⁻	+ 2e ⁻	3I ⁻	0.55
	2IO ₃ ⁻ + 12H ⁺	+10e ⁻	I ₂ + 6H ₂ O	1.19
	IO ₃ ⁻ + 6H ⁺	+ 6e ⁻	I ⁻ + 3H ₂ O	1.08
Mn	MnO ₂ ↓ + 4H ⁺	+ 2e ⁻	Mn ²⁺ + 2H ₂ O	1.23
	MnO ₄ ⁻ + 2H ₂ O	+ 2e ⁻	MnO ₂ ↓ + 4OH ⁻	0.60
	MnO ₄ ⁻ + 8H ⁺	+ 5e ⁻	Mn ²⁺ + 4H ₂ O	1.51
N	HNO ₂ + H ⁺	+ e ⁻	NO↑ + H ₂ O	0.98
	NO ₃ ⁻ + 4H ⁺	+ 3e ⁻	NO↑ + 2H ₂ O	0.96
O	O ₂ ↑ + 4H ⁺	+ 2e ⁻	2H ₂ O	1.23
	O ₂ ↑ + 2H ₂ O	+ 2e ⁻	4OH ⁻	0.40
	O ₂ ↑ + 2H ⁺	+ 2e ⁻	H ₂ O ₂	0.68
	O ₂ ↑ + H ₂ O	+ 2e ⁻	HO ₂ ⁻ + OH ⁻	-0.08
Pb	PbO ₂ ↓ + 4H ⁺	+ 2e ⁻	Pb ²⁺ + 2H ₂ O	1.46
	PbO ₂ ↓ + 4H ⁺ + SO ₄ ²⁻	+ 2e ⁻	PbSO ₄ ↓ + 2H ₂ O	1.69
S	S↓ + 2H ⁺	+ 2e ⁻	H ₂ S↑	0.14
	S ₄ O ₆ ²⁻	+ 2e ⁻	2S ₂ O ₃ ²⁻	0.09
	S ₂ O ₈ ²⁻	+ 2e ⁻	2SO ₄ ²⁻	2.0
Sn	Sn ⁴⁺	+ 2e ⁻	Sn ²⁺	-0.14
	Sn(OH) ₆ ²⁻	+ 2e ⁻	HSnO ₂ ⁻ + 3OH ⁻ + H ₂ O	-0.93

ДОБУТКИ РОЗЧИННОСТІ НАЙВАЖЛИВІШИХ МАЛОРОЗЧИННИХ РЕЧОВИН

Формула речовини	ДР	рДР	Формула речовини	ДР	рДР
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	12,28	CdC ₂ O ₄	$1,5 \cdot 10^{-8}$	7,8
Ag ₂ CO ₃	$1,2 \cdot 10^{-12}$	11,09	Cd(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-14}$	13,66
Ag ₂ C ₂ O ₄	$3,5 \cdot 10^{-11}$	10,46	CdSeO ₃	$5,0 \cdot 10^{-9}$	8,30
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	9,75	CoCO ₃	$1,05 \cdot 10^{-10}$	9,98
Ag ₂ CrO ₄	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,95	CoC ₂ O ₄	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,2
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	$1 \cdot 10^{-10}$	10	Co(ІO ₃) ₂	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	16,08	Co(OH) ₂ (блак.)	$6,3 \cdot 10^{-15}$	14,20
AgІO ₃	$3,0 \cdot 10^{-8}$	7,52	Co(OH) ₂ (рож.)	$1,6 \cdot 10^{-15}$	14,80
AgMnO ₄	$1,6 \cdot 10^{-3}$		Co(OH) ₃	$4 \cdot 10^{-45}$	44,4
Ag ₂ O	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80	Cr(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-31}$	30,20
Ag ₃ PO ₄	$1,3 \cdot 10^{-20}$	19,89	CuCO ₃	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,6
Ag ₂ S	$2,0 \cdot 10^{-50}$	49,7	CuC ₂ O ₄	$3 \cdot 10^{-8}$	7,5
Ag ₂ SO ₄	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,80	CuCrO ₄	$3,6 \cdot 10^{-6}$	5,44
Ag ₂ SeO ₄	$5,6 \cdot 10^{-8}$	7,25	Cu(ІO ₃) ₂	$7,4 \cdot 10^{-8}$	7,13
Al(OH) ₃	$1 \cdot 10^{-32}$	32,0	CuN ₃	$5,0 \cdot 10^{-9}$	8,3
AlPO ₄	$5,75 \cdot 10^{-19}$	18,24	Cu ₂ O	$1 \cdot 10^{-14}$	14,0
BaCO ₃	$4,0 \cdot 10^{-10}$	9,40	Cu(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-20}$	19,66
BaC ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,96	CuSeO ₃	$1,7 \cdot 10^{-8}$	7,78
BaCrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,93	FeC ₂ O ₄	$2 \cdot 10^{-7}$	6,7
Ba(ІO ₃) ₂	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,82	FeCO ₃	$3,5 \cdot 10^{-11}$	
Ba(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,3	Fe(OH) ₂	$8 \cdot 10^{-16}$	15,1
BaSO ₃	$8 \cdot 10^{-7}$	6,1	Fe(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-38}$	37,2
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,97	FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$	
BaS ₂ O ₃	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,79	HgS	$1,6 \cdot 10^{-52}$	
CaC ₄ H ₄ O ₆	$7,7 \cdot 10^{-7}$	6,11	MgCO ₃	$2,1 \cdot 10^{-5}$	4,67
CaCO ₃	$3,8 \cdot 10^{-9}$	8,42	MgC ₂ O ₄	$8,5 \cdot 10^{-5}$	4,07
CaC ₂ O ₄	$2,3 \cdot 10^{-9}$	8,64	MgF ₂	$6,5 \cdot 10^{-9}$	8,19
CaCrO ₄	$7,1 \cdot 10^{-4}$	3,15	Mg(OH) ₂	$6,0 \cdot 10^{-10}$	9,22
CaHPO ₄	$2,7 \cdot 10^{-7}$	6,57	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1 \cdot 10^{-13}$	13,0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	$1 \cdot 10^{-3}$	3	MgSO ₃	$3 \cdot 10^{-3}$	2,5
Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,0 \cdot 10^{-29}$	28,70	MgSeO ₃	$4,4 \cdot 10^{-6}$	5,36
CaSO ₃	$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,5	MnCO ₃	$1,8 \cdot 10^{-11}$	10,74
CaSO ₄	$2,5 \cdot 10^{-5}$	4,6	MnC ₂ O ₄	$5 \cdot 10^{-6}$	5,3
CaSeO ₃	$4,7 \cdot 10^{-6}$	5,53	Mn(OH) ₂	$1,9 \cdot 10^{-13}$	12,72
CaSiF ₆	$8,1 \cdot 10^{-4}$	3,09	Mn(OH) ₃	$1 \cdot 10^{-36}$	36
Cd(CN) ₂	$1,0 \cdot 10^{-8}$	8,0	Mn(OH) ₄	$1 \cdot 10^{-56}$	56
CdCO ₃	$1,0 \cdot 10^{-12}$	12,0	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,60

(Продовження таблиці додатку Г)

Формула речовини	ДР	рДР	Формула речовини	ДР	рДР
Na ₃ AlF ₆	4,1·10 ⁻¹⁰	9,39	SnS	2,5·10 ⁻²⁷	26,6
Ni(C ₄ H ₇ O ₂ N ₂) ₂	2,3·10 ⁻²⁵	24,64	SrCO ₃	1,1·10 ⁻¹⁰	9,96
NiCO ₃	1,3·10 ⁻⁷	6,87	SrC ₂ O ₄	1,6·10 ⁻⁷	6,80
NiC ₂ O ₄	4·10 ⁻¹⁰	9,4	SrCrO ₄	3,6·10 ⁻⁵	4,44
Ni(ClO ₃) ₂	1·10 ⁻⁴	4	Sr(IO ₃) ₂	3,3·10 ⁻⁷	6,48
Ni(OH) ₂	2,0·10 ⁻¹⁵	14,89	SrMoO ₄	2·10 ⁻⁷	6,7
NiS	3,2·10 ⁻¹⁹		Sr(OH) ₂	3,2·10 ⁻⁴	3,50
PbBr ₂	9,1·10 ⁻⁶	5,04	Sr ₃ (PO ₄) ₂	1·10 ⁻³¹	31
PbCO ₃	7,5·10 ⁻¹⁴	13,13	SrSO ₃	4·10 ⁻⁸	7,4
PbC ₂ O ₄	4,8·10 ⁻¹⁰	9,32	SrSO ₄	3,2·10 ⁻⁷	6,49
PbCl ₂	1,6·10 ⁻⁵	4,79	SrSeO ₃	4,4·10 ⁻⁶	5,36
PbCrO ₄	1,8·10 ⁻¹⁴	13,75	TlBr	3,9·10 ⁻⁶	
PbF ₂	2,7·10 ⁻⁸	7,57	TlCl	1,7·10 ⁻⁴	
PbI ₂	1,1·10 ⁻⁹	8,98	TlI	5,8·10 ⁻⁸	
PbO ₂ (Pb ⁴⁺ , 4OH)	3,0·10 ⁻⁶⁶	65,5	TlN ₃	2,2·10 ⁻⁴	
			TlSCN	1,7·10 ⁻⁴	
Pb ₃ O ₄ (2Pb ²⁺ , PbO ₄ ⁴⁻)	5,3·10 ⁻⁵¹	50,28	TlVO ₃	5,3·10 ⁻⁵	
			ZnCO ₃	1,45·10 ⁻¹¹	10,84
Pb(OH) ₂ (черв.)	5·10 ⁻¹⁶	15,3	ZnC ₂ O ₄	2,75·10 ⁻⁸	7,56
PbS	2,2·10 ⁻²⁷	26,60	Zn(IO ₃) ₂	2,0·10 ⁻⁸	7,7
Pb(SCN) ₂	2,0·10 ⁻⁵	4,70	Zn(OH) ₂	1,2·10 ⁻¹⁷	16,92
PbSO ₄	1,6·10 ⁻⁸	7,80	Zn ₃ (PO ₄) ₂	9,1·10 ⁻³³	32,04
PbS ₂ O ₃	4,0·10 ⁻⁷	6,40	ZnS	2,5·10 ⁻²²	
SnI ₂	8,3·10 ⁻⁶	5,08	ZnSeO ₃	1,9·10 ⁻⁸	7,72

*Додаток Д***Q-ТЕСТ**

<i>n</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Q</i> _{0,90}	0,89	0,68	0,56	0,48	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30
<i>Q</i> _{0,95}	0,94	0,77	0,64	0,56	0,51	0,48	0,46	0,44	0,41
<i>Q</i> _{0,99}	0,99	0,89	0,76	0,70	0,64	0,58	0,53	0,48	0,44

КОЕФІЦІЄНТИ СТЬЮДЕНТА ($t_{P,f}$)

f	P				
	0,75	0,90	0,95	0,98	0,99
1	2,41	6,31	12,71	31,82	63,66
2	1,60	2,92	4,30	6,97	9,92
3	1,42	2,35	3,18	4,54	5,84
4	1,34	2,13	2,78	3,75	4,60
5	1,30	2,01	2,57	3,37	4,03
6	1,27	1,94	2,45	3,14	3,71
7	1,25	1,89	2,36	3,00	3,50
8	1,24	1,86	2,31	2,90	3,36
9	1,23	1,83	2,26	2,82	3,25
10	1,22	1,81	2,23	2,76	3,17
11	1,21	1,80	2,20	2,72	3,11
12	1,21	1,78	2,18	2,68	3,05
13	1,20	1,77	2,16	2,65	3,01
14	1,20	1,76	2,14	2,62	2,98
15	1,20	1,75	2,13	2,60	3,95
16	1,19	1,75	2,12	2,58	3,92
17	1,19	1,74	2,11	2,57	2,90
18	1,19	1,73	2,10	2,55	2,88
19	1,19	1,73	2,09	2,54	2,86
20	1,18	1,73	2,09	2,53	2,85
30	1,17	1,70	2,04	2,46	2,75
40	1,17	1,68	2,02	2,42	2,70
60	1,16	1,87	2,00	2,39	2,66
120	1,16	1,66	1,98	2,36	2,62
∞	1,15	1,64	1,96	2,33	2,58

ДОДАТОК Ж

Значення V_{max} у ряду з n вимірювань за рівнем значущості

n	α				n	α			
	0,1	0,05	0,025	0,01		0,1	0,05	0,025	0,01
3	1,41	1,41	1,41	1,41	12	2,23	2,39	2,52	2,66
4	1,65	1,69	1,71	1,72	13	2,26	2,43	2,56	2,71
5	1,79	1,87	1,92	1,96	14	2,30	2,46	2,60	2,73
6	1,89	2,00	2,07	2,13	15	2,33	2,49	2,64	2,80
7	1,97	2,09	2,18	2,27	16	2,35	2,52	2,67	2,84
8	2,04	2,17	2,27	2,37	17	2,38	2,55	2,70	2,87
9	2,10	2,24	2,35	2,46	18	2,40	2,58	2,73	2,90
10	2,15	2,29	2,41	2,54	19	2,43	2,60	2,75	2,93
11	2,19	2,34	2,47	2,61	20	2,45	2,62	2,78	2,96

ДОДАТОК К

F-КРИТЕРІЙ ЗА $P=0,95$

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	20
1	161	200	216	225	230	234	239	242	244	248
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,39	19,41	19,44
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,78	8,74	8,66
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,96	5,91	5,80
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,74	4,68	4,56
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,06	4,00	3,87
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,63	3,57	3,44
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,34	3,28	3,15
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,13	3,07	2,93
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,97	2,91	2,77

Навчальне видання

Укладач:

ДОБРОВОЛЬСЬКА Олена Владиславівна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи і виконання контрольних робіт
з дисципліни «Хімічні основи харчових технологій. Аналітична хімія»

для студентів напрямку підготовки «Харчові технології та інженерія»
піднапрямку «Харчова інженерія» заочної форми навчання

Підписано до друку р. Формат 60x84 1/16. Папір газет. Друк офсет.

Обл.-вид. арк. . Ум.-друк. арк. . Тираж прим. Зам. № .

Харківський державний університет харчування та торгівлі
61051, м. Харків – 51, вул Клочківська, 333

ДОД ХДУХТ. 61051, м. Харків – 51, вул Клочківська, 333