

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В.О.СУХОМЛИНСЬКОГО

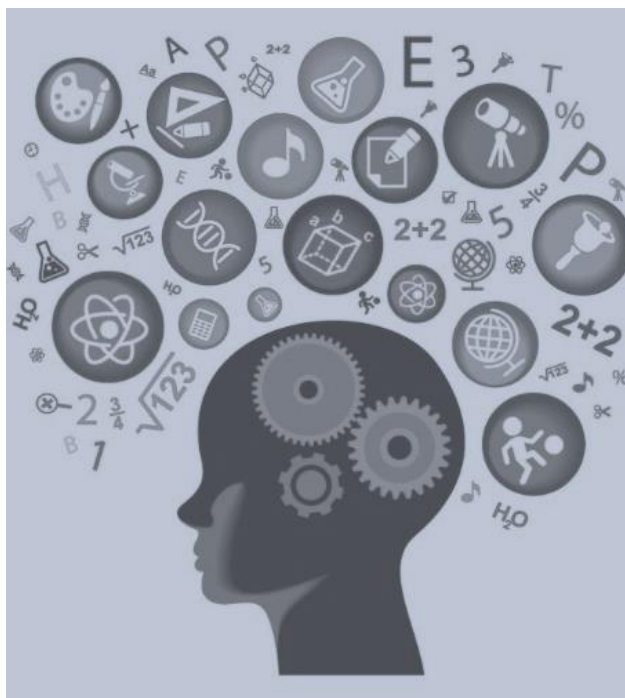
КАФЕДРА ХІМІЇ

ЮЩИШИНА Г.М.

РОЗВ'ЯЗОК РОЗРАХУНКОВИХ ЗАВДАНЬ

З КІЛЬКІСНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ
РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ АНАЛІТИЧНА» ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 014.06 СЕРЕДНЯ ОСВІТА. ХІМІЯ



УДК 544.1 + 541.18 (075.8)

Ющишина Г.М. Розв'язок розрахункових завдань з кількісних методів аналізу. Методичні рекомендації щодо виконання самостійної роботи з дисципліни «Хімія аналітична» для студентів спеціальності 014.06 Середня освіта. Хімія /Миколаїв, 2021. – 22 с.

Затверджено на засіданні кафедри хімії
протокол №10 від „07” квітня 2021 р.

Затверджено на засіданні методичної ради МНУ ім. В.О.Сухомлинського
протокол № 7 від „25” травня 2021 р.

Розв'язок розрахункових завдань з загальної хімії. Методичні рекомендації щодо виконання самостійної роботи для студентів спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія).

Рецензенти:

Кандидат хімічних наук, доцент кафедри ґрунтознавства та агрохімії Миколаївського державного аграрного університету **Гирля Л.М.**

Кандидат біологічних наук, доцент кафедри хімії Миколаївського національного університету ім.В.О.Сухомлинського **Вичалковська Н.В.**

©Ющишина Г.М.2021

©МНУ ім.В.О.Сухомлинського, 2021

Зміст

Передмова	4
Хімічні методи кількісного аналізу	5
Тема 1. Гравіметричний аналіз. Розрахунки в гравіметричному методі	5
Тема 2. Титриметричний аналіз. Приготування вихідних і робочих титрованих розчинів. Розрахунки в титриметричному аналізі.	6
Обчислення в інструментальних методах аналізу	13
Тема 1. Електрохімічні методи аналіза.	13
Тема 2. Оптичні методи аналізу	17
Тема 3. Хроматографічні методи аналізу.	20
Рекомендована література	24

Передмова

Розрахункові задачі з кількісного аналізу пропонуються студентам для розв'язання в рамках дисципліни «Хімія аналітична» та посідають особливе місце у вивченні цієї дисципліни. Систематичне їх розв'язування сприяє свідомому засвоєнню хімічних знань, формуванню логічного мислення, розвитку розумової діяльності, навчає практичному використанню набутих теоретичних знань.

Оскільки кількісний аналіз використовує як класичні методи – гравіметрію та титриметрію, так і фізико-хімічні методи – електрохімічні, спектральні та хроматографічні, то запропоновані методичні рекомендації розглядають розв'язок завдань з усіх розділів, що вивчаються.

Після розгляду теоретичних питань та способів розв'язання завдань студентам пропонується виконати окремі завдання в рамках самостійної роботи за даною дисципліною. Завдання потрібно виконати в окремому зошиті для самостійних робіт та здати на перевірку викладачеві згідно з графіком виконання самостійної роботи.

Хімічні методи кількісного аналізу

Тема 1. Гравіметричний аналіз. Розрахунки в гравіметричному методі

Основною метою гравіметричних методів аналізу є визначення кількісного складу речовини або суміші речовин. Вивчаючи особливості гравіметричного аналізу, необхідно добре засвоїти загальну схему проведення аналізу, в основі якого є перетворення речовини, що досліджується у будь-яку іншу речовину певного хімічного складу, яку легко відокремити, зважити та встановити її вагу. При виборі методики і техніки аналізу необхідно приділити особливу увагу на взяття середньої проби та підготовки речовини до аналізу, взяття правильної наважки речовини, що досліджується, вибір певного осаджувача.

Найбільш важливою операцією у гравіметричному аналізі є отримання осаду, потім і гравіметричної форми. Необхідно добре розуміти та засвоїти питання теорії осадження та розчинення осадів, вміти застосувати дані про добуток розчинності, мати уявлення про явище співосадження. У зв'язку з цим необхідно знати вимоги до осадів, що отримують у гравіметричному аналізі, вивчити методики аналізу кристалічних та аморфних осадів. Завершенням гравіметричного аналізу є обчислення результатів вимірювань.

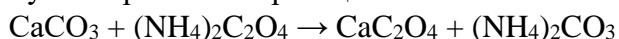
Завдання 1.

Запропонувати гравіметричний метод визначення кальцію у вапняку та обчислити об'єм осаджувача, якщо маса зразка (m_3) дорівнює 0,2000 г. Визначити масову долю кальцію у зразку.

Розв'язок. Згідно з умовою завдання необхідно гравіметричним методом визначити процентний вміст кальцію у зразку вапняку, що містить різні домішки. Одним з методів осадження кальцію є утворення його оксалату - CaC_2O_4 . З метою проведення аналізу точно наважують на аналітичних терезах певну кількість вапняку, розчиняють його у хлоридній кислоті, з розчину осаджують іони кальцію попередньо розрахованою кількістю розчину амоній оксалату. Отриманий осад кальцій оксалату відокремлюють фільтруванням, промивають, висушують, прожарюють у муфельній печі при температурі 500°C та після охолодження зважують. Осад CaC_2O_4 - форма, що осаджується, прожарюванням при 500°C перетворюється у CaCO_3 , який у даному випадку є гравіметричною формою.

Таким чином, з кальцієм, що міститься у вапняку, відбуваються наступні перетворення:
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{CaCO}_3$ (розчинення-осадження-прожарювання).

Нехай як осаджувач було використано розчин $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ у концентрації 18,0 г/л. Кількість амоній оксалату, яка необхідна для осадження кальцій оксалату з розчину, обчислюємо за наступним рівнянням реакції:



$$M((\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4) = 124 \text{ г/моль}; M(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 128 \text{ г/моль}$$

Кількість молів CaCO_3 , що взято для аналізу, дорівнює $m_3/M(\text{CaCO}_3)$ або 0,2/100. Стільки ж потрібно і молів $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Відповідно кількість амоній оксалату у грамах з урахування того, що для осадження необхідно використовувати полуторну кількість осаджувача, обчислюємо таким чином:

$$m(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0,248 \cdot 1,5 = 0,372 \text{ г.}$$

Враховуючи, що для осадження використовують розчин амоній оксалату концентрацією 18,0 г/л, обчислити об'єм цього розчин, який потрібно взяти для осадження, з пропорції в 1000 мл розчину міститься 18,0 г $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$

$$\text{в } V \text{ мл розчину міститься } - 0,372 \text{ г}$$

$$\text{Звідси, } V = 20,70 \text{ мл.}$$

Такого виду розрахунки слід виконувати з точністю 2-3 цифри після коми, в той час, коли обчислення результатів аналізу завжди проводять з точністю до 4 значущих цифр.

Осад CaC_2O_4 – форма, що осаджується, під час прожарювання перетворюється у CaCO_3 . Маса осаду CaCO_3 , яку отримана шляхом зважування гравіметричної форми, дорівнює 0,1860 г. Визначимо кількість кальцію у осаді CaCO_3 .

$m(\text{Ca}) = (0,1860 \text{ г} \times 40 \text{ г/моль})/100 \text{ г/моль} = 0,07747 \text{ г}$,
або у масових відсотках $\omega(\text{Ca}) = (0,07747 \text{ г} \times 100\%)/0,2000 \text{ г} = 37,24\%$.

Відповідь: вміст кальцію у вапняку складає 37,24%.

Виконати завдання у відповідності до варіанта.

Варіант 1 .

1. При розчиненні 0,6000 г технічного $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ у воді та при взаємодії з надлишком розчину AgNO_3 утворилося 1,440 г хлориду срібла. Обчислити вміст барію в кристалогідраті.
2. Який об'єм розчину хлоридної кислоти, в якому масова частка HCl складає 4 % ($\rho = 1664 \text{ кг/м}^3$), необхідно додати до 0,5 л 0,02 н. розчину AgNO_3 для повного осадження іона Ag^+ у вигляді AgCl ?

Варіант 2.

1. Шляхом аналізу зразка глини встановлено, що масова частка силіцій діоксиду SiO_2 у вологій глині дорівнює 46,70 %, а вологи – 7,10 %. Перерахувати масову частку силіцій діоксиду у зразку глини, якщо вміст вологи зменшився до 4,5 %.
2. Визначити необхідні для приготування 150 г 10%-го розчину CuSO_4 при кімнатній температурі масу (г) кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та об'єм (мл) води.

Варіант 3.

1. Аналіз зразка глини показав, що масова частка силіцій діоксиду SiO_2 у вологій глині дорівнює 45,80 %, а вологи – 8,20 %. Перерахувати масову частку силіцій діоксиду на абсолютно суху глину.
2. Розрахувати масову частку бури в технічному зразку, якщо при титруванні 0,8530 г її витрачається 20,20 мл 0,2100 М розчину HCl .

Варіант 4.

1. У результаті аналізу з наважки солі Барію одержано осад барій сульфату BaSO_4 масою 0,5864 г. Використовуючи аналітичний фактор визначити вміст Барію у цій солі.
2. Який об'єм у мл 0,855 н. розчину HCl треба для нейтралізації 5,00 мл розчину NH_3 густиною 0,904, який містить 26 % NH_3 ?

Варіант 5 .

1. Змішали два розчини, в яких вміст $\omega(\text{KOH})$ дорівнює 9 і 12 %. Маса першого розчину 120 г, другого 380 г. Визначити масову частку KOH в одержаному розчині.
2. Визначити вміст Fe_3O_4 в магнітному залізняку, якщо 0,5000 г технічного зразку перетворили на 0,4110 г Fe_2O_3 . При визначенні використати аналітичний фактор.

Тема 2. Титриметричний аналіз. Приготування вихідних і робочих титрованих розчинів. Розрахунки в титриметричному аналізі.

Титриметричний аналіз – метод визначення речовини шляхом точного вимірювання об'єму розчинів речовин, які вступають в реакцію одна з одною.

Титр – маса речовини, що міститься в 1 мл розчину. Наприклад, якщо титр H_2SO_4 дорівнює 0,0049 г/мл, то це означає, що кожний мл розчину містить 0,0049 г. сульфатної кислоти.

Розчин, титр якого відомий, називається титрованим. Титрування – це процес додавання до розчину, що досліджується, або його аліквотної частини еквівалентної кількості титрованого розчину або титранту. При цьому використовуються стандартні розчини - фіксанали – розчини з точно відомою концентрацією речовини (Na_2CO_3 , HCl).

Реакція титрування повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) висока швидкість реакції;

- 2) реакція повинна перебігати до кінця;
- 3) реакція повинна бути стехіометричною;
- 4) мати зручний метод фіксування кінця реакції.

Основна задача титриметричного аналізу не тільки використовувати розчин з точно відомою концентрацією, а й правильно визначити точку еквівалентності.

Основні розрахункові рівняння у титриметричному аналізі.

Обчислення під час титриметричного аналізу базуються на співвідношенні закону еквівалентів:

$$N_1 V_1 = N_x V_x,$$

де N_1 – нормальність (нормальна концентрація) титранту, моль/л

V_1 – кількість розчину титранту до досягнення точки еквівалентності, мл

V_x – об'єм досліджуваної речовини, взятий для аналізу, мл

N_x – нормальна концентрація речовини, що досліджується.

$$N_x = \frac{N_1 V_1}{V_x}$$

Процентний вміст досліджуваної речовини у зразку обчислюється за наступним співвідношенням:

$$\%_{\text{реч}} = \frac{T_{\text{реч}} \cdot V_x}{a} \cdot 100\%$$

a – наважка речовини, що досліджується

Завдання 1.

Визначити молярну концентрацію еквіваленту сульфатної кислоти в розчині, якщо на титрування 10мл цього розчину пішло 12,4мл розчину калій гідроксиду з молярною концентрацією еквівалента 0,01моль/л.

Дано:

$$V(H_2SO_4) = 10 \text{ мл} = 0,01 \text{ л}$$

$$V(KOH) = 12,4 \text{ мл} = 0,0124 \text{ л}$$

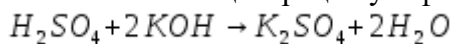
$$c(KOH) = 0,01 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Знайти:

$$c\left(\frac{1}{2}H_2SO_4\right) = ?$$

Розв'язок:

Визначення концентрації сульфатної кислоти проводять за реакцією:



Молярну концентрацію еквівалента сульфатної кислоти розрахувати за рівнянням:

$$c\left(\frac{1}{2}H_2SO_4\right) = \frac{c(KOH) \cdot V(KOH)}{V(H_2SO_4)}$$

$$c\left(\frac{1}{2}H_2SO_4\right) = \frac{0,01 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,0124 \text{ л}}{0,01 \text{ л}} = 0,0124 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Відповідь: еквівалентна концентрація сульфатної кислоти дорівнює 0,0124 моль/л.

Завдання 2.

Визначити точну молярну концентрацію еквівалента розчину хлоридної кислоти, якщо для його стандартизації використовувався розчин, для приготування 500 мл якого взято наважку 0,8741 г натрій тетраборату декагідрату $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (бура). На титрування 10 мл приготованого розчину $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ витрачено 8,5 мл розчину HCl .

$$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 381,27 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Дано:

$$V(\text{HCl}) = 8,5 \text{ мл} = 0,0085 \text{ л}$$

$$V_{\text{м}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 10 \text{ мл} = 0,01 \text{ л}$$

$$V_{\text{жз.}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 500 \text{ мл} = 0,5 \text{ л}$$

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,8741 \text{ г}$$

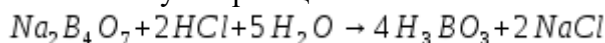
$$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 381,27 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Знайти:

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

Розв'язок:

В основі стандартизації лежить наступна реакція:



1. Визначимо молярну концентрацію еквівалента $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ в приготованому стандартному розчині:

$$c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\right) = \frac{n\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\right)}{V_{\text{жз.}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}$$

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

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

$$c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\right) = \frac{0,8741 \text{ г}}{\frac{381,27 \text{ г}}{2} \cdot 0,5 \text{ л}} = 9,17 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

2)

2. Визначимо точну молярну концентрацію еквівалента HCl в розчині за результатами титрування:

$$c(\text{HCl}) = \frac{c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\right) \cdot V_{\text{м}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}{V(\text{HCl})}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{9,17 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,01 \text{ л}}{0,0085 \text{ л}} = 1,079 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Відповідь: молярна концентрація еквівалента хлоридної кислоти дорівнює $1,079 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

Виконати завдання у відповідності до варіанта.

1. Розрахуйте: а) титр; б) молярну концентрацію; в) молярну концентрацію еквівалента; г) титр по йоду розчину, для приготування 500,0 мл якого було взято 2,600 г дихромата калію.

2. Розрахуйте величину і відносну помилку зважування на аналітичних вагах: а) щавлевої кислоти ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); б) біфталату калію ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$), необхідної для визначення молярної концентрації 0,01 М розчину гідроксиду калію з розрахунку, щоб на титрування пішло 20 мл останнього. Якій з цих речовин слід віддати перевагу?
3. Зразок окису цинку вагою 2,036 г розчинили в 50,00 мл розчину сірчаної кислоти, надлишок якої відтитрували 10,30 мл 1,020 М розчину гідроксиду натрію. Знайти відсотковий вміст окису цинку в зразку, якщо 1,00 мл розчину сірчаної кислоти еквівалентний 1,185 мл розчину гідроксиду натрію.
4. До 2,500 мл хлората калію було додано 25,00 мл 0,1200 н. розчину сульфату заліза (II), надлишок якого відтитрували 5,00 мл 0,1100 н. розчином перманганату калію. Розрахувати процентний вміст хлората калію в розчині, якщо густина його дорівнює 1,020.
5. Розрахувати рН розчину, отриманого при титруванні 20 мл 0,1 н. розчину мурашиної кислоти 0,1 н. розчином NaOH ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$) в точках, відповідних 99,9%, 100% і 100,1% відтитровки. Встановити вид і знак індикаторної помилки при використанні індикатора метилового червоного ($pT = 5,3$).
6. На 50,00 мл розчину щавлевої кислоти при титруванні витрачається 21,16 мл розчину KOH ($T(\text{KOH}) = 0,01234$). На 20 мл цього ж розчину щавлевої кислоти потрібно 19,67 мл розчину KMnO_4 . Розрахувати молярну концентрацію еквівалента розчину KMnO_4 .
7. До 20,00 мл 0,1000 М розчину NiSO_4 додали 20,00 мл досліджуваного розчину NaCN . Визначити його молярну концентрацію, якщо на титрування надлишку NiSO_4 витратили 10,24 мл 0,05000 М розчину трилону Б. Продукт реакції - $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$.
8. Розчин солей кальцію і магнію розбавили водою до 100 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину з еріохромом чорним Т витратили 18,45 мл 0,02040 н. комплексона III, а на титрування такої ж самої аліквоти з мурексидом витратили 8,22 мл комплексона III. Визначити вміст (в г) кальцію і магнію у вихідному розчині.
9. Скільки грамів KCl міститься в 250 мл розчину, якщо на титрування 25,0 мл його витратили 34,00 мл 0,01000 н. розчину AgNO_3 . Обчислити $p\text{Cl}$ і $p\text{Ag}$ 0,1 н. розчину KCl , відтитрованого 85% 0,1 н. розчином AgNO_3 .
10. При аналізі карбонату магнію було визначено 17,39% магнію і 39,13% кристалізаційної води. Скільки відсотків магнію міститься в абсолютно сухому зразку?
11. Якого обсягу мірну колбу слід взяти для приготування розчину йоду, 10,00 мл якого відповідають 0,04945 г As_2O_3 , з фіксаналу, що містить в ампулі 0,01 моль/л еквівалента йоду?
12. 1,500 г зразка, що складається з суміші Na_2CO_3 і NaHCO_3 , розчинений в мірній колбі на 250 мл. На титрування 50,00 мл цього розчину з фенолфталеїном витрачено 5,70 мл 0,2000 н. розчину HCl . На подальше титрування того ж розчину з метиловим оранжевим витрачено 20,80 мл 0,2000 н. розчину HCl . Розрахувати процентний вміст Na_2CO_3 і NaHCO_3 в зразку.
13. 0,1 н. розчин оцтової кислоти ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$) був нейтралізований 0,1 н. розчином NaOH на 80%. Розрахувати рН отриманого розчину.
14. 25,00 мл розчину KMnO_4 з титром за киснем (O_2), рівним 0,008112 г/мл додали до розчину, який містить надлишок KI і кислоти. Йод, що виділився відтитрували 24,14 мл розчину тіосульфату натрію. Розрахуйте $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{I}_2)$.
15. До 2,00 мл розчину бромата калію додано 25,00 мл розчину сульфату заліза (II) з $T = 0,01824$ г / мл, надлишок розчину сульфату заліза (II) відтитрували 6,00 мл 0,1100 н. розчину KMnO_4 . Розрахувати процентний вміст бромата калію в розчині, якщо густина його дорівнює 1,120.
16. Яку наважку силікату, що містить близько 20% Al_2O_3 слід взяти для аналізу, щоб після сплаву і відповідної обробки проби, алюміній був відділений і відтитрований 10 мл 0,1 н. розчину трилону Б.
17. Обчисліть справжню молярну концентрацію еквівалента, молярність, титр і титр за гідроксидом натрію 0,1 н. і сульфатної кислоти, якщо коефіцієнт нормальності $K = 0,9808$.

18. Для титрування 50 мл води при визначенні її твердості треба було 4,08 мл 0,01000 М розчину трилону Б. Обчислити твердість води в мг/л карбонату кальцію і відносну помилку вимірювання при абсолютній помилку вимірювання об'єму $\pm 0,01$ мл.
19. Наважку 10,05 г $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ розчинили в мірній колбі ємністю 250 мл. На титрування 20,00 мл розчину пішло 16,10 мл розчину NH_4CNS ($T(\text{NH}_4\text{CNS}) = 0,007092$). Обчислити процентний вміст $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ в зразку.
20. Обчислити, який обсяг розчину нітрату срібла концентрації 40 мг/мл буде потрібно для повного осадження хлорид-іона, що міститься в 1 г чистого хлориду натрію.
21. Скільки% оксиду калію міститься в навішуванні масою 0,8500 г, якщо на титрування її пішло 20,00 мл HCl з титром рівним 0,003650 г / мл.
22. 5,00 мл розчину, що містить H_3PO_4 і H_2SO_4 , розбавили водою в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл отриманого розчину в присутності метилового оранжевого ($\text{pT} = 4$) витрачено 15,80 мл 0,09740 н. розчину NaOH . На титрування 20,00 мл того ж розчину в присутності фенолфталеїну витрачається 24,4 мл того ж розчину NaOH . Розрахувати відсотковий вміст H_2SO_4 і H_3PO_4 в г/мл.
23. При якому рН слід закінчити титрування 0,02 н. розчину мурашиної кислоти 0,04 н. розчином KOH . Вибрати індикатор. ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$).
24. До розчину арсеніту натрію додано NaHCO_3 до $\text{pH} = 9$ і 25,00 мл 0,0500 н. розчину йоду. Залишок йоду після ретельного перемішування відтитровано 10,20 мл розчину тіосульфату з титром за дихроматом 0,002496г/мл. Яка маса миш'яку знаходилася в досліджуваному розчині?
25. Розрахувати область стрибка на кривій титрування Fe^{3+} розчином Sn^{2+} при нестачі і надлишку робочого розчину в 0,1%. Молярні концентрації еквівалента розчинів солей заліза і олова рівні між собою і становлять 0,1.
26. Яку наважку цинкової руди, що містить 15% Zn , слід взяти для аналізу, щоб після розчинення і відділення домішок, що заважають, відтитрувати в ній цинк 20 мл 0,1 М розчину трилону Б.
27. Для визначення титру розчину KMnO_4 навішення оксалату натрію $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ масою 1,3444 г помістили в мірну колбу на 200,0 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину витрачено 20,04 мл розчину KMnO_4 . Розрахуйте: а) молярну концентрацію еквівалента KMnO_4 ; б) титр KMnO_4 ; в) титр KMnO_4 по $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; г) поправочний коефіцієнт розчину KMnO_4 .
28. 0,3326 г магнію сульфату гептагідрату розчинили у воді і відтитрували 17,29 мл розчину ЕДТА з молярною концентрацією 0,1000 моль / л. Розрахувати скільки молекул води доводиться на 1 молекулу магнію сульфату в уже згадуваному кристалогідраті і масову частку магнію в зразку в%.
29. Обчислити молярну концентрацію еквівалента розчину нітрату срібла, якщо на його титрування 36,48 мл витрачено 25,63 мл розчину хлориду натрію, що містить 58,00 г NaCl в 500 мл розчину. Розрахувати pAg і pCl в момент еквівалентності.
30. Розрахувати мінімальну наважку технічного хлориду барію, що містить 10% Ba , для визначення його у вигляді BaSO_4 .
31. Скільки треба додати розчину азотної кислоти з титром 0,006497 г/мл до 500 мл розчину цієї ж кислоти з титром 0,005601 г/мл, щоб отримати точно 0,1000 н. розчин?
32. До проби, що містить оцтову кислоту, додано 40,00 мл розчину гідроксиду натрію ($T(\text{NaOH}) = 0,003901$ г/мл). Надлишок лугу відтитрувати 19,98 мл розчином сульфатної кислоти ($T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,004903$ г/мл). Розрахувати кількість грамів CH_3COOH в пробі.
33. Побудуйте криву титрування 25 мл 0,2 н розчину бензойної кислоти 0,2 н. розчином гідроксиду калію, якщо додано 24,95; 25,05; 25,00 мл лугу. Підберіть індикатор.
34. Скільки % заліза міститься в сидериті наважкою 2,000 г. Після розчинення в кислоті розчин розведений в мірній колбі до 200 мл. На титрування заліза (II) на 50,00 мл цього розчину витрачається 22,50 мл 0,1 н. розчину перманганату калію з $K_n = 1,922$. (K_n - нормувальний коефіцієнт).

35. Скільки мл 0,05 н. розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ потрібно на титрування йоду, що виділився після додавання надлишку KI до 50 мл розчину, взятого з мірної колби на 500 мл, де було розчинено 2 г сплаву, що містить 60% міді?
36. До 25 мл хлориду кальцію додали 40,00 мл 0,1005 н. розчину оксалату амонію. Отриманий осад відфільтрували, промили крижаною водою, а надлишок оксалату відтитрували розчином KMnO_4 , витративши 15,00 мл 0,02000 н. цього розчину. Визначити зміст хлориду кальцію в грамах.
37. Розрахувати стрибок потенціалу при титруванні 0,1 М розчину церію (IV) сульфату розчином сульфату заліза (II) концентрації 0,1 моль/л. (99,9% і 100,1% відтитровки).
38. Обчислити процентний вміст CaCO_3 і MgCO_3 у вапняку, якщо після розчинення 1,000 г проби і відповідної обробки об'єм розчину довели до 100,0 мл і на титрування 20,00 мл його для визначення суми Ca і Mg витратили 19,25 мл 0,05140 М трилону Б, а на титрування Mg витратили 6,26 мл того ж розчину трилону Б.
39. Якого обсягу мірну колбу слід взяти для розчинення 4,000 г сплаву, що містить 25% срібла, щоб на титрування іонів срібла з 20,00 мл цього розчину витрачалося 16,50 мл 0,1 н. розчину роданида з $T = 0,4492$?
40. Скільки треба взяти 8,4% -го розчину H_2SO_4 для осадження барію з 0,4859 г дигідрату хлориду барію?
41. З наважки 0,7124 г хлориду амонію при кип'ятінні з концентрованим розчином лугу виділено аміак, який було поглинено 50,00 мл 0,5120 н. розчином сульфатної кислоти. Отриманий розчин перенесено в мірну колбу і розбавлено до 250 мл. 25,00 мл цього розчину відтитрували 25,7 мл 0,05122 н. розчином гідроксиду натрію. Обчислити % вміст хлориду амонію в наважці.
42. Суміш фосфорної кислоти і натрію хлориду масою 2,000 г розчинили у воді і отримали 100,0 мл розчину. На титрування аликвотної частини об'ємом 10,00 мл було витрачено в при-присутності фенолфталеїна 15,66 мл розчину NaOH з молярною концентрацією 0,1637 моль/л. Обчислити масову частку фосфорної кислоти в суміші %.
43. Розрахувати рН при титруванні 0,1 н розчину бутиламін ($\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$) ($K = 4 \cdot 10^{-4}$) 0,1 н. раствором соляної кислоти в точці еквівалентності і в межах між недоліком і надлишком титранту 0,1% від еквівалентної кількості. З яким індикатором слід проводити титрування бутиламін?
44. Визначити процентний вміст фенолу, якщо до навішування 0,5032 г додано 25,00 мл 0,2052 н. розчину бромата калію, що містить бромід калію. В результаті реакції утворюється $\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}$. Після стояння доданий йодид калію, виділився йод відтитрували 24,56 мл 0,1006 н. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
45. До якого обсягу слід розбавити 750,0 мл розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ для отримання розчину з титром по феруму (II) рівним 0,003839 г/мл.
46. Обчислити значення окислювально-відновного потенціалу системи $\text{AsO}_4^{3-} | \text{AsO}_3^{3-}$ при рН = 7, якщо до 25 мл 0,25 н. розчину NaHAsO_3 додано 20 мл 0,2 н. розчину I_2 . $E_0(\text{AsO}_4^{3-} | \text{AsO}_3^{3-}) = 0,56 \text{ В}$. $E_0(\text{I}_2 | 2\text{I}^-) = 0,54 \text{ В}$.
47. Наважка вапняку масою 0,1585 г розчинена в кислоті, оброблена надлишком щавлевої кислоти. Отриманий осад відокремлений, промитий і розчинений в сірчаній кислоті. Розчин відтитрувати 28,75 мл розчину KMnO_4 з $T = 0,002850 \text{ г / мл}$. Розрахувати масову частку в % CaCO_3 і CaO .
48. Розчин солей кальцію і магнію розбавили водою до 100 мл. На титрування аліквоти в 20,00 мл з еріохромом чорним Т витрачено 18,45 мл 0,02040 н. комплексона III, а на титрування такий же аліквоти з мурексидом витратили 8,22 мл комплексона III. Визначити вміст (в г) кальцію і магнію у вихідному розчині.
49. Обчислити молярну концентрацію еквівалента розчину нітрату срібла, якщо на титрування 36,48 мл його витрачено 25,63 мл розчину бромиду натрію, що містить 103,0 г в 500 мл розчину. Розрахувати $p\text{Br}$ і $p\text{Ag}$ розчину AgNO_3 , відтитруваного на 99% і 101% розчином NaBr , якщо молярні концентрації еквівалента обох розчинів дорівнюють 0,1 моль / л.

50. Розрахувати % магнію в сплаві, якщо з його наважки масою 0,5892 г в процесі аналізу отримано 0,0672 г пірофосфату магнію.

Обчислення в інструментальних методах аналізу

Тема 1. Електрохімічні методи аналізу.

Електрохімічні методи аналізу базуються на вивченні та використанні процесів, що відбуваються на поверхні електродів та у приелектродному шарі. Будь-який електричний параметр (потенціал, сила струму, опір), який функціонально пов'язаний з концентрацією компонента, що визначається, та який піддається точному вимірюванню, може бути використаний як аналітичний сигнал.

Основним математичним виразом між потенціалом розчину, що аналізується, та концентрацією компонента, який визначається, є рівняння Нернста:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{c_{\text{окисл.}}^x}{c_{\text{відн.}}^y}$$
$$\text{або}$$
$$E = E^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{c_{\text{окисл.}}^x}{c_{\text{відн.}}^y}$$

де E – це електродний потенціал, В, $c_{\text{окисл.}}$ – концентрація окисненої форми, моль/дм³; $c_{\text{відн.}}$ – концентрація відновленої форми, моль/дм³, R – універсальна газова стала (8,31 Дж/моль·К); T – абсолютна температура, К; n – кількість електронів, що переходять від відновника до окисника; F – стала Фарадея (96 485 Кл/моль).

Виконати завдання у відповідності до варіанта.

1. Обчислити потенціал хлоридсрібного електроду по відношенню до насиченого каломельного електроду порівняння ($t = 25^\circ\text{C}$) в ланцюгу: $\text{Ag, AgCl} \mid 5 \cdot 10^{-3} \text{ M KCl} \parallel \text{нас. KCl} \mid \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}_0$.
2. Полярнографічне кількісне визначення фолієвої кислоти проводиться методом калібрувального графіка на ртутному крапельному електроді на фоні 0,05 М карбоната натрія з додаванням натрій сульфату та 0,1% розчину желатини. Визначити масу фолієвої кислоти у 100 мл розчину, використовуючи дані таблиці, якщо висота її полярнографічної хвилі у аналізованому розчині (h_x) дорівнює 110 мм:

№ п/п	Концентрація стандартних розчинів фолієвої кислоти $C_{\text{ст}}$, мг/мл	Висота полярнографічної хвилі, мм
1	0,125	48
2	0,250	96
3	0,375	144
4	0,500	192

Накреслити калібрувальний графік $h = f(C)$.

3. Під час кулонометричного титрування 10,0 мл розчину натрій тіосульфату розчином йоду, який генерується у кулонометричній комірниці з калій йодиду, необхідно було 22 хв. при силі струму 300 мА. Обчислити кількість витраченої електрики та концентрацію розчину натрій тіосульфату. Написати рівняння електрохімічної реакції та запропонувати спосіб фіксації кінцевої точки титрування.
4. Потенціал напівхвилі іону свинцю(II) на фоні хлориду калію дорівнює -0,43 В. Нарисувати криву амперометричного титрування плюмбум нітрату розчином натрій сульфату (електронеактивний) при потенціалі -1,00 В. Чи можна в даному випадку визначити свинець при потенціалі +0,60 В?

5. Обчислити стрибок ($\pm 0,1\%$) потенціалу водневого електроду відносно 1 М хлоридсрібного електроду порівняння ($t = 25^{\circ}\text{C}$) при титруванні 0,10 М розчину оцтової кислоти 0,10 М розчином калій гідроксиду.
6. Який електрод (ртутний крапельний чи твердий платиновий) необхідно взяти у якості робочого при визначенні іонів Fe^{3+} ($E_{1/2} = +0,63 \text{ В}$), JO_3^- ($E_{1/2} = -0,05 \text{ В}$) и Cd^{2+} ($E_{1/2} = -0,70 \text{ В}$)? Якими процесами зумовлено межі використання цих електродів в полярографії?
7. Кулонометричне визначення невеликих кількостей хлоридної кислоти в 10,0 мл розчину здійснюють за допомогою гідроксильних іонів, які генерують у катодному просторі кулонометричної комірки. При значенні сили струму 8 мА час електролізу становить 3хв.47 с. Обчислити масу HCl у 100 мл аналізованого розчину. Написати рівняння електрохімічних реакцій та запропонувати спосіб фіксації кінцевої точки титрування.
8. Перманганат калію відновлюється на платиновому електроді при потенціалі напівхвилі $+0,70 \text{ В}$, а аскорбінова кислота окиснюється при $E_{1/2} = +0,20 \text{ В}$ на фоні сульфатної кислоти. Накреслити полярограми та криву амперометричного титрування аскорбінової кислоти калій перманганатом при потенціалі $+0,45 \text{ В}$.
9. Обчислити потенціал срібного електроду в точці еквівалентності при визначенні іонів хлору методом потенціометричного титрування розчином нітрату срібла. Електрод порівняння - 0,1 н. каломельний ($t = 25^{\circ}\text{C}$).
10. Якісний полярографічний аналіз суміші неорганічних іонів проводиться на фоні 1 М амонійного буферного розчину із додаванням кадмію, нікелю, цинку та мангану, які дають окремі полярографічні хвилі при наступних потенціалах напівхвиль ($E_{1/2}$):

Речовина	$E_{1/2}, \text{В}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	-0,54
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	-0,81
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	-1,06
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	-1,33
Mn^{2+}	-1,54

На полярограмі розчину, що містить невідомі іони, видно дві хвилі з $E_{1/2}$, що дорівнюють $-0,54 \text{ В}$ і $-1,33 \text{ В}$. Які іони присутні в аналізованому розчині? Накреслити полярограму аналізованого розчину.

11. Обчислити масу ферум (III) в 100,0 мл аналізованого розчину, якщо на його повне відновлення до ферум (II) в 10,00 мл цього розчину за умови сталого значення потенціалу було витрачено стільки ж електрики, скільки необхідно для виділення у мідному кулонометрі 0,1658 г міді.
12. Обчислити концентрацію іонів нікелю (мг/мл) в аналізованому розчині, якщо при амперометричному титруванні 20,00 мл цього розчину спиртовим розчином диметилгліоксиму (ДМГО) з титром за нікелем 0,002030 г/мл при потенціалі $-1,70 \text{ В}$ отримали наступні результати:

$V(\text{ДМГО}), \text{мл}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$I_d, \text{мкА}$	260	235	191	158	124	100	148	171	270

Побудувати криву амперометричного титрування.

13. Наважку препарату, що містить ферум (II), масою 1,2000 г розчинили у воді і здійснили потенціометричне титрування 1,000 М розчином сульфату церію (IV) з платиновим електродом. Обчислити масову долю феруму в препараті за наступними результатами потенціометричного титрування:

$V(\text{Ce}(\text{SO}_4)_2, \text{мл})$	2,0	10,0	18,0	19,8	20,0	20,2	22,0
--	-----	------	------	------	------	------	------

E, мВ	712	771	830	889	1110	1332	1391
-------	-----	-----	-----	-----	------	------	------

Побудувати інтегральну та диференціальну криві титрування.

14. Потенціали напівхвиль відновлення $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$, $\text{Cd}^{2+} \rightarrow \text{Cd}^0$, $\text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^0$ на ртутному крапельному електроді відповідно дорівнюють: -0,48 В, -0,62 В і -1,34 В. Обчислити дифузійні токи відновлення катіонів за умови їх рівних концентрацій і коефіцієнтах Ільковича, якщо сумарний дифузійний струм при $E = -1,5$ В дорівнює 7,5 мкА.
15. При кулонометричному визначенні цинку за час його повного відновлення у газовому кулонометрі виділилось 22,40 мл суміші водню і кисню. Обчислити масу цинку в аналізованому розчині.
16. При амперометричному титруванні при потенціалі -0,80 В 50 мл розчину, що містить іони барію та свинцю, за допомогою 0,050 М розчину калій хромату отримані наступні результати:

V(K_2CrO_4), мл	0	1	2	3	4	6	8	10	11	12	13
I_d , мкА	90	70	50	30	10	10	10	10	35	65	80

Побудувати криву амперометричного титрування та відмітити ділянки кривої, які відповідають електроактивності компонентів реакції. Обчислити масу свинцю і барію в аналізованому розчині та їх титри.

17. 1/5 частина розчину, що містить хлоридну і фосфатну кислоту, відтитрували рН-метричним методом 0,1053 М розчином натрій гідроксиду. При цьому на кривій титрування спостерігали два стрибка значень рН: при $V_1(\text{NaOH}) = 13,94$ мл і $V_2(\text{NaOH}) = 17,65$ мл. Обчислити масу обох кислот в аналізованому розчині. Який індикаторний електрод та електрод порівняння можна застосувати для даного потенціометричного титрування?
18. Обчислити величину дифузійного току відновлення іонів цинку на ртутному крапельному електроді у $3 \cdot 10^{-3}$ М розчині цинк хлориду, якщо $D = 7,2 \cdot 10^{-6}$, $m = 3$, $t = 4$. Назвати вищевказані величини та вказати їх розмірність.
19. При кулонометричному титруванні 10,0 мл розчину калій дихромату електрозгенерованим ферумом (II) знадобилось 12,5 с при силі струму 200 мкА. Написати рівняння електрохімічних реакцій та обчислити молярну концентрацію еквівалента калій дихромату в аналізованому розчині.
20. При амперометричному титруванні 50 мл розчину ацетальдегіду 2,4-динітро-фенілгідразином (ДФГ) при потенціалі -1,40 В було отримано наступні дані:

V(ДФГ), мл	0,20	0,25	0,35	0,45	0,53	0,61	0,69	0,90
I_d , мкА	86	78	63	48	36	30	39	60

Побудувати криву амперометричного титрування. Обчислити масу ацетальдегіду в аналізованому розчині, якщо титр ДФГ за ацетальдегідом дорівнює $5,6 \cdot 10^{-3}$ г/мл.

21. Обчислити концентрацію (г/л) хлориду натрія в аналізованому розчині, якщо під час потенціометричного титрування 20,00 мл цього розчину 0,2000 М розчином аргентум нітрату отримані наступні результати:

V(AgNO_3), мл	15,0	20,0	22,0	24,0	24,5	24,9	25,0	25,1	25,5
E, мВ	307	328	342	370	388	488	517	606	646

Який індикаторний електрод та електрод порівняння можуть бути застосовані для даного потенціометричного титрування?

22. Вольтамперна крива відновлення іонів кадмію на ртутному крапельному електроді на фоні амонійної буферної суміші відносно насиченого хлоридсрібного електроду порівняння характеризується наступними даними:

E, В	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

h, мм	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,5	28,0	30,0	30,0	30,0
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

Накреслити вольтамперну криву та визначити потенціал напівхвилі відновлення Cd^{2+} за даних умов. Перерахувати отриманий потенціал відносно насиченого каломельного електроду порівняння.

23. Обчислити молярну концентрацію еквівалента розчину калій перманганту, якщо на кулонометричне титрування 10,0 мл цього розчину електрогенованими іонами феруму (II) знадобилось 28 хв. при силі струму 30 мА.
24. Обчислити концентрацію іонів нікелю (мг/мл) в аналізованому розчині, якщо при амперометричному титруванні 20,00 мл цього розчину спиртовим розчином диметилглюксиму (ДМГО) з титром за нікелем 0,002030 г/мл при потенціалі -1,70 В отримали наступні результати:

V(ДМГО), мл	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
I_d , мкА	240	190	93	41	76	110	130	145	180

Побудувати криву амперометричного титрування .

25. Обчислити потенціал платинового електроду, що був розташований у відтитрований на 99% перманганатом калію розчин ферум(II) сульфату, по відношенню до насиченого хлоридсрібного електроду порівняння.
26. Дифузний струм відновлення аніона CrO_4^{2-} до Cr^{3+} дорівнює 9,0 мкА, а аніон BrO_3^- в тій самій концентрації дає $I_d = 18,0$ мкА. Скільки електронів приєднує при відновленні бромат-іон та яка електродна реакція при цьому відбувається?
27. Обчислити масу фенолу, якщо на титрування його розчину електрогенованим бромом (продукт реакції - трибромфенол) знадобилось 612 с при силі струму 10 мА.
28. Обчислити молярну концентрацію еквівалента арсенітної кислоти в розчині, якщо при амперометричному титруванні 20,0 мл цього розчину 0,00500 н. розчином йоду отримані наступні дані:

V(J_2), мл	0	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
I_d , мкА	7,1	5,6	4,1	2,6	1,1	0,2	0,2	0,2	0,2

Нарисувати криву амперометричного титрування.

29. Із наважки сталі масою 2,0000 г ванадій перевели в розчин і потенціометрично відтитрували 0,1000 М розчином ферум (II) сульфату: $\text{VO}_2^+ + \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ = \text{VO}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$. Обчислити масову частку ванадію у зразку за наступними результатами потенціометричного титрування:

V(FeSO_4), мл	2,0	10,0	18,0	19,8	20,0	20,2	22,0
E, мВ	1058	999	940	901	885	841	830

Який індикаторний електрод та електрод порівняння можуть бути застосовані для даного потенціометричного титрування?

30. Обчислити молярну концентрацію еквівалента іонів купрум у розчині, якщо при аналізі 15,0 мл цього розчину висота полярографічної хвилі відновлення Cu^{2+} складає 20,0 мм, а після добавлення 2,0 мл стандартного 0,0530 н. розчину купрум(II) хлориду висота хвилі збільшилась до 24,3 мм.
31. Обчислити масу фенолу в аналізованому розчині, якщо на кулонометричне титрування його електрогенованим бромом при силі струму 10 мА знадобилось 612 с. Молярна маса еквівалента фенолу дорівнює 15,69 г/моль.
32. 10,0 мл розчину калій хлориду амперометрично відтитрували 0,00100 н. розчином меркурій(I) нітрату (I) і отримали наступні дані:

V($\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$), мл	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I_d , мкА	-11	-8,8	-6,5	-4,5	-2,2	0	+0,5	+1,1	+1,6	+2,1
-------------	-----	------	------	------	------	---	------	------	------	------

Побудувати криву титрування та обчислити масу солі у в аналізованому зразку.

Тема 2. Оптичні методи аналізу

Метод калібрувального графіка. Готують серію стандартних розчинів (5–8) різних концентрацій, які переводять у забарвлену форму і фотометрирують. Інтервал концентрацій вибирають такий, щоб зберігалась лінійна залежність між оптичною густиною і концентрацією (тобто не порушувався основний закон світлопоглинання). Будують графік залежності оптичної густини A від концентрації C . Для аналізу беруть такий об'єм досліджуваного розчину, щоб його оптична густина після проведення реакції з фотометричним реактивом і розбавлення в мірній колбі відповідала приблизно середині калібрувальної кривої. За виміряною величиною A_x з графіка знаходять концентрацію C_x (рис.)

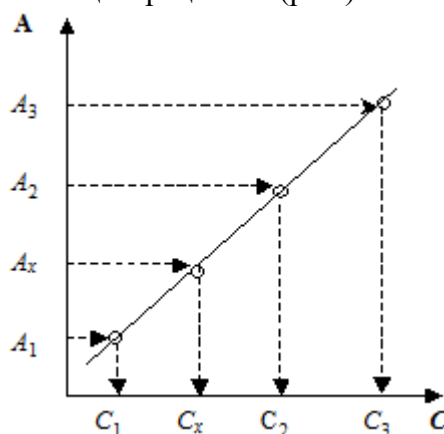


Рисунок. Залежність оптичної густини від концентрації розчину (калібрувальний графік)

Метод використовується переважно при проведенні серійних фотометричних аналізів розчинів, однотипних за хімічним складом.

Основним законом світлопоглинання, який встановлює кількісний зв'язок між концентрацією компонента у аналізованому розчині та його оптичними характеристиками є закон Бугера-Ламберта-Бера:

$$D = \epsilon Cl$$

де D - оптична густина розчину, ϵ - молярний коефіцієнт екстинції, C - молярна концентрація речовини у розчині, l - довжина оптичного шляху.

Виконати завдання у відповідності до варіанта.

- Для визначення міді в препараті із його наважки масою 0,325 г після розчинення та обробки надлишком аміаку було отримано 250 мл забарвленого розчину, оптична густина кювети з товщиною оптичного шару 20 мм при $\lambda = 620$ нм дорівнює 0,254. Обчислити масову частку міді в препараті, якщо молярний коефіцієнт світлопоглинання аміаката міді дорівнює $423 \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{см}^{-1}$.
- Оптична густина розчину фурациліну невідомої концентрації, що була виміряна на фотоелектроколориметрі, склала 0,32, а величина оптичної густини стандартного розчину фурациліну з концентрацією 0,010 мг/мл - 0,56. Обчислити масу фурациліну у 50 мл аналізованого розчину та за даними таблиці визначити світлофільтр, який було обрано для даного визначення.

№ світло- фільтра (λ , нм)	1(360)	2(400)	3(440)	4(490)	5(540)	6(590)	7(670)	8(750)	9(870)
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

$A_{ст}$	0,10	0,17	0,25	0,56	0,30	0,24	0,18	0,11	0,06
----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Побудувати криву світлопоглинання у координатах $A = f(\lambda)$.

3. При фотометричному аналізі концентрованого розчину калій перманганату у якості розчину порівняння було обрано стандартний розчин $KMnO_4$ з концентрацією 0,04 мг/мл. Визначити концентрацію $KMnO_4$ за методом калібрувального графіка та обчислити його масу у 100 мл аналізованого розчину, якщо його відносна оптична густина ($A_{відн.}$) дорівнює 0,43. Дані для побудови калібрувального графіка наведені в таблиці. Побудувати графік залежності $A_{відн.} = f[C(KMnO_4)]$.

$C(KMnO_4)$, мг/мл	0,02	0,06	0,08	0,10
$A_{відн.}$	-0,60	0,30	0,60	0,90

4. Оптична густина стандартних розчинів левоміцетину, що містять у 25 мл 0,15 мг, 0,30 мг, 0,45 мг, 0,60 мг і 0,75 мг препарату, при $\lambda = 280$ нм і $l = 1$ см дорівнюють 0,127, 0,245, 0,378, 0,510 і 0,630 відповідно. Методом калібрувального графіку визначити концентрацію левоміцетину та обчислити його масу у в 100 мл аналізованого розчину, якщо оптична густина цього розчину за тих самих умов дорівнює 0,498. Побудувати калібрувальний графік та графічним способом визначити масовий коефіцієнт поглинання левоміцетину.

Границі пропускання розчинів ($\lambda_{пр}$) при товщині шару (кювети) 1 см складають:

Розчинник	вода	хлороформ	толуол	етанол	ацетон
$\lambda_{пр}$, нм	185	245	280	210	320

Які з наведених розчинників неможливо застосовувати при аналізі левоміцетину, у спектрі якого є полоса поглинання з $\lambda_{max} = 280$ нм? Величина пропускання водного розчину левоміцетину з концентрацією 0,0159 мг/мл, що виміряна в кюветі з $l = 10$ мм, дорівнює 21,6%. Обчислити масовий та молярний коефіцієнти поглинання левоміцетину ($M = 323$ г/моль).

5. Оптична густина стандартного розчину рибофлавіну з концентрацією $2,5 \cdot 10^{-2}$ мг/мл при товщині кювети 1 см склала 0,324. Обчислити концентрацію рибофлавіну та його масу у 50 мл аналізованого розчину, якщо при його фотометрируванні в тих самих умовах отримано значення $A = 0,486$. Чому дорівнюють значення масового і молярного коефіцієнтів поглинання рибофлавіну ($M = 376$ г/моль)?
6. Величина пропускання стандартного розчину рибофлавіна з концентрацією $5 \cdot 10^{-2}$ мг/мл при товщині кювети 1 см складає 47,2%. Обчислити концентрацію рибофлавіну та його масу у 50 мл аналізованого розчину, якщо при його фотометрируванні в тих самих умовах отримане значення пропускання становить $T = 32,7\%$. Чому дорівнюють значення масового та молярного коефіцієнтів поглинання рибофлавіну ($M = 376$ г/моль)?
7. Молярний коефіцієнт поглинання комплексу феруму (III) з сульфосаліциловою кислотою складу 1:1 при $\lambda = 416$ нм дорівнює 4000 моль $^{-1} \cdot л \cdot см^{-1}$. Обчислити масу навески $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$, яку потрібно розчинити у 50 мл води, для того щоб з 5 мл приготованого розчину після відповідної обробки і розбавлення до 25 мл отримати забарвлений розчин з величиною пропускання 17,8% при товщині кювети 20 мм.
8. При фотометричному аналізі концентрованого розчину калій перманганату у якості розчину порівняння було обрано стандартний розчин $KMnO_4$ з концентрацією 0,06 мг/мл. Визначити концентрацію $KMnO_4$ методом калібрувального графіка та обчислити його масу у 100 мл аналізованого розчину, якщо відносна оптична густина ($A_{відн.}$) цього розчину дорівнює 0,43. Дані для побудови калібрувального графіка наведені в таблиці. Побудувати графік залежності $A_{відн.} = f[C(KMnO_4)]$.

$C(KMnO_4)$, мг/мл	0,02	0,04	0,08	0,10
$A_{відн.}$	-0,60	-0,30	0,30	0,60

- Визначити область оптимальних концентрацій (в мг/мл) для побудови калібрувальних графіків при аналізі розчину левоміцетину ($M = 323$ г/моль), якщо його молярний коефіцієнт поглинання при $\lambda = 280$ нм дорівнює 10660 моль⁻¹·л·см⁻¹ при: а) $l = 1$ см, б) $l = 5$ см. Чи зміниться кут нахилу калібрувального графіку зі змінням товщини кювети? Побудувати калібрувальні графіки з використанням величин, які було обчислено.
9. Молярний коефіцієнт поглинання комплексу феруму(III) з сульфосаліциловою кислотою складу 1:1 при $\lambda = 416$ нм дорівнює 4000 моль⁻¹·л·см⁻¹. Обчислити масу наважки $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, яку необхідно розчинити у 50 мл води для того, щоб з 5 мл приготованого розчину після відповідної обробки та розбавлення до 25 мл отримати забарвлений розчин з оптичною густиною 0,75 при товщині кювети 20 мм.
 10. Обчислити масу рутина (вітамін Р, $M = 610$ г/моль), яка міститься у в 250 мл розчину, якщо оптична густина цього розчину при $\lambda = 258$ нм та товщині кювети 50 мм дорівнює 0,780, а стандартного $6,1 \cdot 10^{-5}$ М розчину - 0,650. Чому дорівнюють значення молярного і масового коефіцієнтів поглинання рутину?
 11. Оптична густина аналізованого розчину фурациліну при товщині кювети 10 мм дорівнює 0,275. Після додавання до 5,0 мл цього розчину 0,50 мл стандартного розчину фурациліну з концентрацією 0,10 мг/мл величина A збільшилась до 0,505. Обчислити концентрацію та масу фурациліну у 250 мл аналізованого розчину. Чому дорівнює значення масового і молярного коефіцієнту поглинання фурациліну ($M = 198$ г/моль)?
 12. Визначити область оптимальних концентрацій (в мг/мл) для побудування калібрувальних графіків при аналізі розчину (М = 376 г/моль), якщо його молярний коефіцієнт поглинання при $\lambda = 315$ нм дорівнює 4875 моль⁻¹·л·см⁻¹ при: а) $l = 10$ мм, б) $l = 20$ мм. Чи зміниться кут нахилу калібрувального графіку зі змінням товщини кювети? Побудувати калібрувальні графіки з використанням обчислених величин.
 13. Обчислити масу рутину (вітамін Р, $M = 610$ г/моль), яка міститься у 250 мл розчину, якщо величина пропускання цього розчину при $\lambda = 258$ нм та товщині кювети 50 мм дорівнює 16,6%, а стандартного $6,1 \cdot 10^{-5}$ М розчину - 28,2%. Чому дорівнюють значення молярного і масового коефіцієнтів поглинання рутину?
 14. Величина пропускання аналізованого розчину фурациліну при товщині кювети 10 мм дорівнює 53,1%. Після додавання до 10,0 мл цього розчину 1,0 мл стандартного розчину фурациліну з концентрацією 0,10 мг/мл величина T зменшилась до 31,3%. Обчислити концентрацію і масу фурациліну у 250 мл аналізованого розчину. Чому дорівнює значення масового і молярного коефіцієнтів поглинання фурациліну ($M = 198$ г/моль)?
 15. Обчислити масову долю міді в препараті, якщо 1 г препарату розчинили у мірній колбі ємністю 100 мл у присутності надлишку 8-оксихіноліну та оптична густина отриманого розчину при $\lambda = 410$ нм та товщині поглинаючого шару 30 мм складає 0,675. Молярний коефіцієнт поглинання комплексу міді з 8-оксихіноліном дорівнює $5,2 \cdot 10^3$ моль⁻¹·л·см⁻¹.
 16. Визначити область оптимальних концентрацій (в мг/мл) для побудування калібрувальних графіків при аналізі рутину (вітамін Р, $M = 610$ г/моль), якщо його молярний коефіцієнт поглинання при $\lambda = 260$ нм дорівнює 2130 моль⁻¹·л·см⁻¹ при: а) $l = 1$ см, б) $l = 50$ мм. Чи зміниться кут нахилу калібрувального графіку зі змінням товщині кювети. Побудувати калібрувальні графіки з використанням обчислених величин.
 17. Невідома іонів свинцю в розчині об'ємом 15 мл у присутності надлишку металохромного індикатора 4-(2-піридилазо)-резорцину (ПАР) спектрофотометрично титрують 0,001 М розчином трилону Б при рН = 9,5 та довжині хвилі = 516 нм до постійного значення оптичної густини $A_0 = 0,15$. Величини оптичної густини розчинів, що відповідають доданим об'ємам робочого розчину $V_1 = 2,5$ мл и $V_2 = 3,5$ мл, дорівнює відповідно $A_1 = 0,65$ и $A_2 = 0,25$. Побудувати криву даного спектрофотометричного

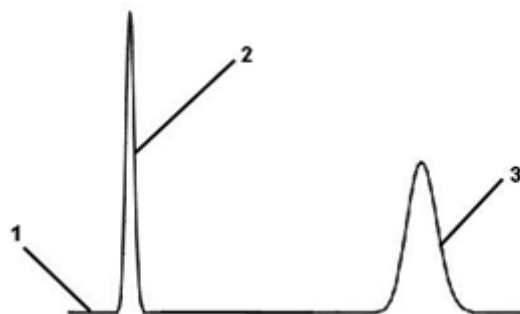
титрування та обчислити масу свинцю в аналізованому розчині, якщо при $\lambda = 516$ нм поглинає тільки комплекс Pb^{2+} з ПАР.

18. Обчислити масову долю міді в препараті, якщо 1,0 г препарату розчинили в мірній колбі ємністю 250 мл у присутності надлишку 8-оксихіноліну та величина пропускання отриманого розчину при $\lambda = 410$ нм та товщині поглинаючого шару 30 мм складає 21,1%. Молярний коефіцієнт поглинання комплексу міді з 8-оксихіноліном дорівнює $5,2 \cdot 10^3$ моль⁻¹·л·см⁻¹.
19. Оптична густина аналізованого розчину рутину (вітамін Р) при товщині кювети 10 мм дорівнює 0,275. Після додавання до 5,0 мл цього розчину 1,5 мл стандартного розчину рутину з концентрацією 0,10 мг/мл величина А збільшилась до 0,345. Обчислити концентрацію і масу концентрацію та масу рутину у 250 мл аналізованого розчину. Чому дорівнює значення масового і молярного коефіцієнтів поглинання рутину ($M = 610$ г/моль)?

Тема 3. Хроматографічні методи аналізу.

Хроматографія — метод розділення, аналізу і дослідження сумішей речовин, що ґрунтується на різному розподілі речовин в динамічних умовах між рухомою і нерухомою фазами (на різній сорбції складових частин яким-небудь адсорбентом). Розрізняють: за середовищем, в якому відбувається розділення (газова і рідинна); за механізмом розділення (молекулярна, йонообмінна, осадова і розподільча); за технікою проведення розділення (колонкова, капілярна, тонкошарова і хроматографія на папері, HPLC (ВЕРХ, Високоєфективна рідинна хроматографія)).

Хроматограма – це залежність сигналу детектора від часу. На хроматограмі розрізняють різні частини: 1 – нульова півня, яка отримана під час неестрації сигналу детектора при виході чистого газу-неестрації сигналу під час який відповідає зростанню зменшенню концентр



іманий при ре-
ся фронтом,
, що відповідає

Розширення полоси компонента по мірі її проходження через колонку, внаслідок якого утворюється широкий хроматографічний пік, називають розмиттям піку, яке може бути симетричним та асиметричним.

Час від моменту введення проби у прилад до появи максимуму піку називається часом утримання (retention time) t_R . Зазвичай час утримання вимірюють в хвилинах або секундах. Цей показник може бути використаний для **якісного** аналізу при одних і тих самих умовах на одному й тому ж приладі. Наведений час перераховують з урахуванням поправки на час утримання компонента, що не сорбується t_M :
$$t_R' = t_R - t_M$$

В основі **кількісного** аналізу лежить залежність висоти піку h або його площі S від кількості речовини. Для вузьких піків краще вимір h , для широких розмитих - S . Площа піку вимірюють різними способами: множенням висоти піка (h) на його ширину ($a_{1/2}$), виміряну на половині його висоти.

Для визначення вмісту речовин у пробі використовують в основному три методи: метод абсолютної градування, метод внутрішньої нормалізації і метод внутрішнього стандарту.

Метод абсолютної градування заснований на попередньому визначенні залежності між кількістю введеного речовини і площею або висотою піка на хроматограмі. У хроматограму вводять певну кількість градувальної суміші і визначають площі або висота отриманих піків. Будують графік залежності площі або висоти піку від кількості введеної речовини. Аналізують досліджуваний зразок, вимірюють площу або висоту піка визначається компонента і на підставі градувального графіка розраховують його кількість.

Метод внутрішньої нормалізації заснований на приведенні до 100% суми площ всіх піків на хроматограмі.

Цей метод дає інформацію тільки про відносне змісті компонента в суміші, але не дозволяє визначити його абсолютну величину.

Метод внутрішнього стандарту заснований на порівнянні обраного параметра піка аналізованого речовини з тим же параметром стандартного речовини, введеного в пробу у відомій кількості. У досліджувану пробу вводять певну кількість такого стандартного речовини, пік якого досить добре відділяється від піків компонентів досліджуваної суміші.

У рідинній адсорбційній хроматографії використовується також аналіз фракцій розчинів, зібраних в момент виходу речовини з колонки. Аналіз може бути проведений різними фізико-хімічними методами.

Для оцінки хроматографічної поведінки речовини в певних умовах використовують величину R_f , яка дорівнює відношенню відстані L_2 , пройденої речовиною, до відстані L_1 , пройденій розчинником:

$$R_f = \frac{L_2}{L_1}$$

R_f можуть мати значення від 0 до 1. При $R_f = 0$ компонент суміші залишається на лінії старту, а при $R_f = 1$ – рухається разом з фронтом розчинника. Значення R_f залежить від виду речовини, складу рухомої фази, типу паперу, температури, часу хроматографування, техніки експерименту.

Виконати завдання у відповідності до варіанта.

1. Під час хроматографування на пластинках "Силуфол" та при використанні у якості рухомої фази суміші хлороформ-метанол (9:1) амідопірин, бутадіон та димедрол мають величини R_f дорівнює 0,60; 0,05; 0,95 відповідно. Які з перелічених лікарських речовин містяться у невідомій суміші, якщо при хроматографуванні в тих самих умовах отримано дві плями на відстані 4,8 см та 4 мм від стартової лінії, а розчинник пройшов 8,0 см. Нарисувати вид хроматограми.
2. Обчислити об'єми, що утримуються, для речовин А і В, якщо при швидкості газу-носія 30 мл/хв. речовина А проявилась на хроматограмі через 80 с, речовина В - через 120 с після введення проби.
3. Нарисувати хроматограму суміші, що містить гексан, гептан та октан, якщо їх величини часу утримання складають 60 с, 1 хв. 45 с і 3 хв. 31 с, відповідно. Обчислити масову долю цих компонентів у суміші методом внутрішньої нормалізації, якщо площі їх піків на хроматограмі дорівнюють 305, 508 і 122 мм², відповідно. Відносні поправочні коефіцієнти для речовин дорівнюють: $f_{\text{гексан}} = 0,96$; $f_{\text{гептан}} = 1,00$ та $f_{\text{октан}} = 1,05$.
4. Яким чином відокремити домішок бензойної кислоти від натрій бензоату за допомогою іонообмінної хроматографії. Вибрати іоніт та написати рівняння іонообмінних реакцій.
5. При аналізі саліцилової кислоти (о-оксибензойна) на чистоту у тонкому шарі оксиду алюмінію в системі розчинників – петролейний етер-етилацетат-ацетатна кислота (85:10:5) та при проявленні в парах йоду було отримано 2 плями з R_f , які дорівнюють

0,63 і 0,72 та відносній інтенсивності 20:1. Визначити, яку речовину і в якій кількості (в %) містить саліцилова кислота у вигляді домішки, якщо для даної системи маємо:

Речовина	R _f
Саліцилова кислота	0,63
Етер саліцилової кислоти	0,72
м-Оксибензойна кислота	0,82
п-Оксибензойная кислота	0,90

- Скільки грамів сухого катіоніту КУ-2 в Н-формі потрібно взяти для виділення катіонів Ca²⁺ з 1 л 0,1000 н. розчину CaCl₂. Статична обмінна ємність іоніту за 0,1 н. розчином CaCl₂ дорівнює 49 ммоль/г. Перерахувати отриманий результат на об'єм набухлого іоніту, якщо питомий об'єм КУ-2 становить 3,0 см³ на 1 г сухого катіоніту. Написати рівняння іонного обміну.
- Визначити методом внутрішнього стандарту масу толуолу у суміші після нітрування, якщо під час хроматографування було отримано наступні дані: а) при калібруванні – m(толуол) = 0,00375 г, S(толуол) = 6,38 см², m(етилбензол) = 0,00869 г, S(етилбензол) = 8,47 см²; б) при аналізі – S(толуол) = 9,38 см², m(етилбензол) = 0,00465 г, S(етилбензол) = 4,61 см².
- Визначити статичну обмінну ємність катіоніту за NaCl, якщо 1,025 г повітряно-сухого катіоніту в Н-формі з вологістю 0,05% залили 100 мл 0,1 М NaCl на титрування 25 мл розчину, отриманого після іонного обміну, було витрачено 11,40 мл 0,1 М NaOH (K = 1,015)
- Для стандартних розчинів кофеїну, теоброміну, теофіліну обчислити значення факторів утримання - R_f кофеїну = 0,873, теоброміну = 0,653, R_f теофіліну = 0,461. Визначити якісний склад аналізованої суміші, якщо на її хроматограмі розчинник пройшов відстань 4,5 см, а також мають дві плями на відстані 3,93 см і 2,1 см від лінії старту.
- Розподільна хроматографія. Чи можливе розділення уротропіну та формальдегіду із застосуванням у якості нерухомої фази води, а рухомої – диетилового етеру, якщо коефіцієнти розподілення складають 4000 для уротропіну та 9,1 для формальдегіду? Для якого з цих речовин швидкість просування вздовж хроматограми більше?
- Обчислити склад суміші н-пентану, н-гептану та н-октану в %, якщо площа піків цих вуглеводнів складають відповідно 3120, 4280 та 7542 мм². Відносні масові поправочні коефіцієнти до площі піків відповідно 0,69; 0,70; 0,71.
- Написати рівняння реакції іонного обміну між: а) катіонітом в Н-формі та іонами K⁺ і Al³⁺; б) катіонітом в Na-формі та іонами H⁺ і Ba²⁺; в) аніонітом в OH-формі та іонами SO₄²⁻; г) аніонітом в Cl-формі та іонами NO₃⁻.
- В таблиці дані коефіцієнти розподілення аналізованих речовин в системі вода/розчинник. Якому з вказаних розчинників необхідно надати перевагу для розділення суміші цих речовин?

Речовини	Хлороформ	Бензол
Кофеїн	0,045	0,15
Амідопірин	0,035	1,43
Антипірин	0,040	11,1

- Скільки мл 0,1 М NaCl можна пропустити через 500 см³ набухлого катіоніту КУ-2, якщо його динамічна обмінна ємність 1,5 ммоль/см³? Написати рівняння іонного обміну.
- Об'єми, що утримуються при швидкості газу-носія 45 мл/хв складають для пентану 27 мл, для гептану - 51 мл, для октану – 72 мл. Які з вказаних вуглеводнів присутні в аналізованій суміші, якщо під час її хроматографування було отримано два піка: через 36 с і 96 с після введення проби?

16. Під час хроматографування на папері величини R_f складають для фенобарбіталу - 0,5, для барбіталу - 0,7, для етамінала-На - 0,95. Який з вказаних барбітуратів присутній у досліджуваному розчині, якщо в тих самих умовах при проходженні розчинника 12 см пляма опинилась на відстані 8,2 см від старту?
17. Під час визначення адипінової кислоти в продукті гідроксидування бутадієну методом паперової хроматографії отримані плями проявили метиловим червоним, вирізали, висушили та зважили. Для стандартних сумішей з різним вмістом адипінової кислоти отримали наступні дані:

Маса кислоти, мкг	5	10	15	20
Маса паперу з плямою	61	106	146	186

18. Наважку аналізованого зразка масою 150 мг розчинили в 20 мл води та пробу отриманого розчину 0,05 мл хроматографували. Маса отриманої плями склала 107 мг. Визначити масу долю адипінової кислоти в аналізованому продукті.
19. Розчин суміші, що містить 0,2567 г натрій хлориду та натрій броміду, пропустили через колонку з катіонітом в Н-формі. На титрування елюату витратили 34,56 мл 0,1023 М розчину NaOH. Обчислити масову долю солей в суміші. Написати реакції іонного обміну.
20. Наважку природного продукту масою 0,780 г розчинили в 100 мл спирту та 0,05 мл розчину нанесли на бумагу. Після хроматографічного розділення та відповідної обробки отриманих плям уридолової кислоти, рибозо-1,5-дифосфата, аденілової кислоти отримали розчини, в яких фотометрично визначили фосфор, отримавши значення оптичної густини $A_{\text{урид}} = 0,450$, $A_{\text{риб}} = 0,630$ та $A_{\text{ад}} = 0,180$, відповідно. При фотометруванні стандартного розчину фосфату, що містить 20 мкг фосфору в 1 мл, отримали оптичну густину $A_{\text{ст}} = 0,850$. Визначити масову долю компонентів суміші у природному продукті.
21. Обчислити висоту, що еквівалентна висоті теоретичної тарілки, якщо час утримання деякого компоненту складає 4 хв. 40 с, а ширина піку на половині його висоти 34 с, довжина колонки а) 3 м, б) 15 см. В якому випадку реалізований варіант високоєфективної хроматографії?
22. Обчислити об'єм 0,05 М розчину натрій хлориду, який можна пропустити через 50 см³ набухлого катіоніту КУ-2 до моменту проскоку іонів Na⁺. Динамічна обмінна ємність катіоніту до 1,2 ммоль/см³. Написати реакцію іонного обміну.

Рекомендована література

1. Аналітична хімія: підручник для студентів напряму «Фармація» і «Біотехнологія» вищих навчальних закладів/ Н.К.Федушак, Ю.І.Бідниченко, С.Ю.Крамаренко, В.О.Калібабчук. – Вінниця. : Нова Книга,-2012. – 640 с.
2. Аналітична хімія.: Якісний та кількісний аналіз. Навчальний конспект лекцій /В.В.Болотов, О.М.Свечнікова, М.Ю.Голік та ін. – за ред. Проф. В.В.Болотова. – Вінниця: Нова книга. – 2011. – 424 с.
3. Шевряков М.В., Повстяной М.В., Рябініна Г.О. Практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / М.В.Шевряков, М.В.Повстянов, Г.О.Рябініна. – Херсон: Олді-плюс. – 2012. – 208 с.
4. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний аналіз. – Навчально-методичний посібник. – К. – ЦУЛ. – 2002. – 524 с.
5. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний аналіз і кількісний аналіз. – Навчально-методичний посібник. – К. – ЦУЛ, Фітоцентр. – 2003. – 312 с.
6. Сегеда А.С. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Якісний і кількісний аналіз. – К. – ЦУЛ, Фітосоціоцентр. 2004. – 280 с.
7. Логинов Н.Я. и др. Аналитическая химия. Учебн. пособие для студентов химико-биологических и биолого-химических специальностей пед. ин-тов. – М.: “Просвещение”. – 1975. – 478 с.
8. Васильев В. П. Аналитическая химия: в 2 кн.: Кн.1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа: Учеб. Для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 368 с.
9. Васильев В. П. Аналитическая химия: в 2 кн.: Кн.2. Физико-химические методы анализа: Учеб. Для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 384 с.
10. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия: В двух книгах: - М.:Химия, 1990, 846 с.
11. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учеб. Для почвенно-агрохим. спец. ун-тов и вузов. 0- М.: Высш.шк., 1991. – 256 с.
12. Сегеда А.С. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії (якісний аналіз) МАУП 432 ст. 2002 .
13. Алексеев В. Н. Курс качественного химического полумикроанализа. "Химия", М., 1979.
14. Алексеев В. Н. Количественный анализ. "Химия", М., 1972.
15. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Книги 1,2,3. "Химия", М., 1976.
16. Н.В.Романова Аналітична та фізична хімія. Практикум: Навч.посібник. – Київ: Либідь, 2003. – 208 с.
17. Аналітична та фізична хімія: практикум/ Слободяник М.С., Улько Н.В., Бойко К.М., Самойленко В.М. – К.: Либідь. 2004. – 336 с.
18. Скопенко В.В., Саранський Л.І. Координаційна хімія: підручник, - К.: Либідь, 2004. – 424 с.

