

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Хімічний факультет

**Методичні вказівки до лабораторних робіт
з кінетичних методів аналізу**

для магістрів хімічного факультету
спеціалізації “Аналітична хімія”

Київ -2008

Укладачі: Запорожець О.А., Линник Р.П. Методичні вказівки до лабораторних робіт з кінетичних методів аналізу для магістрів хімічного факультету спеціалізації “Аналітична хімія” .- К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, с.

З М І С Т

	Стор.
Навчальна програма курсу “Кінетичні методи аналізу” для магістрів хімічного факультету спеціалізації «Аналітична хімія»	3
Список рекомендованої літератури	4
Лабораторна робота №1 Визначення концентрації йодид-іонів кінетичним методом	6
Лабораторна робота №2 Визначення мікрокількостей аскорбінової кислоти хемілюмінесцентним методом	8
Лабораторна робота 3 Визначення мікрокількостей кобальту хемілюмінесцентним методом	12
Лабораторна робота 4 Визначення тіосульфату	15
Теми рефератів	17

Вступ. Особливості кінетичних методів, їх місце серед інших методів аналізу. Класифікація кінетичних методів аналізу. Основні положення, поняття, терміни. Індикаторна реакція та індикаторна речовина. Вимоги до них. Швидкість та константа швидкості індикаторної реакції. Парціальний та загальний порядок реакції. Молекулярність реакції. Елементарні реакції (паралельні або конкурентні, оборотні, послідовні, ланцюгові) та їх пррості комбінації.

Аналітичний відгук та методи його вимірювання. Диференційне рівняння швидкості реакції реакції "0" або псевдонульового порядку, першого або псевдопершого порядку. Інтегральні рівняння швидкості реакції нульового або псевдонульового порядку, першого або псевдопершого порядку. Диференційне рівняння швидкості паралельних реакцій. Диференційне рівняння швидкості консекутивної реакції. Диференційне рівняння швидкості оборотної реакції.

Швидкі і повільні реакції. Закриті системи, статичний спосіб вимірювання швидкості реакції. Способи вимірювання аналітичного відгуку швидких і повільних реакції у закритих (статичний спосіб) та відкритих (безперервного струменю) системах. Відкриті системи. Метод безперервного струменю.

Параметри, що впливають на швидкість реакції: природа розчинника (рівняння Кірквуда), іонна сила (рівняння Дебая-Хюккеля). Первинний і вторинний солеві ефекти.

Каталіметрія. Поняття каталізатору та субстрату реакції. Критерій вибору індикаторної реакції у каталіметрії. Механізми дії каталізатору. Рівняння швидкості індикаторної реакції для випадку утворення активованого комплексу каталізатора із субстратом, якщо швидкістьлімітуючою є перша стадія. Рівняння швидкості для випадку утворення активованого комплексу каталізатора із субстратом за умов повільної другої стадії. Рівняння швидкості реакції, що протікає із утворенням активної (не комплексної) форми каталізатору, зокрема зміною ступеню окиснення каталізатору.

Застосування каталіметрії в аналізі. Аналіт є каталізатором: диференційні методи та інтегральні методи. Модифіковані каталітичні реакції. Модифікатори. Механізм їх дії. Застосування активування в аналітичній хімії. Визначення інгібіторів. Параметри, що визначають межу виявлення інгібіторів та діапазон лінійності градувального графіка.

Метрологічні характеристики кінетичних методів аналізу (чутливість, вибірковість, точність, відтворюваність) та способи їх поліпшення.

Хемілюмінесцентний (ХЛ) аналіз. Основні поняття: хемілюмінесцентна (ХЛ) реакція, ХЛ індикатор, еміттер свічення, квантовий, хімічний та енергетичний виходи ХЛ індикатора. Рівняння, що лежить в основі хемілюмінесцентного аналізу. Диференційне рівняння швидкості ХЛ реакції. Методи ХЛ аналізу (диференційні та інтегральні), метод максимальної інтенсивності ХЛ. Метрологічні характеристики ХЛ аналізу. Переваги ХЛ методу аналізу щодо інших каталіметричних методів.

Приклади та основні області застосування кінетичних методів аналізу.

Література, рекомендована до спецкурсу

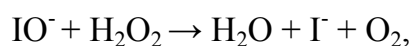
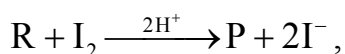
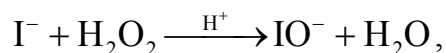
1. Бенсон О. Основы химической кинетики, М.:Мир, 1964
2. Яцимирский К.Б. Кинетические методы анализа. М.: Химия, 1967
3. Марк Г., Рехниц Г. Кинетика в аналитической химии (N.Y.1968). М.: Мир, 1972
4. Набиванец Б.И., Линник П.Н., Калабина Л.В. Кинетические методы анализа природных вод. Киев: Наук.думка, 1981
5. Мюллер Г., Отто М., Вернер Г. Каталитические методы в анализе следов элементов. М.:Мир, 1983
6. Крейнгольд С.У. Каталитиметрия в анализе реактивов и веществ особой чистоты. М.:Химия, 1983
7. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. М.:Высшая школа, 1984
8. Шмид Р., Сапунов В.Н. Неформальная кинетика. М.:Мир, 1985

9. Экспериментальные методы химической кинетики. Под ред
Н.М.Эмануэля, М.Г. Кузьмина
10. Перес-Бендито Д., Сильва М. Кинетические методы в аналитической
химии. М.:Мир, 1991
11. Crouch S.R., Scheeline A., Kirkor E.S. Kinetic Determination and Some
Kinetic Aspects of Analytical Chemistry// Anal.Chem. 2000, 72. 53R-70R.
- 12.Elemental Speciation. New Approaches for Trace Element Analysis/ Ed.
J.A.Caruso, K.L.Sutton, K.L. Ackley-Elsevier, 2000.- 650 p.

Лабораторна робота № 1.

Визначення концентрації йодид-іонів кінетичним методом

Принцип методу. Визначення ґрунтується на реакції окиснення бромпірогаллового червоного (БПЧ) пероксидом водню в кислому середовищі. За кімнатної температури реакція проходить дуже повільно, але у присутності йодид-іонів її швидкість значно зростає. В літературі відсутні дані про механізм каталітичної дії І⁻. Один із найімовірніших механізмів схематично можна представити так:



де R – бромпірогалловий червоний, P – продукт окиснення БПЧ.

За оптимальних умов швидкість реакції пропорційна концентрації йодид-іонів. Концентрацію йодид-іонів у розчині знаходять за методом. Для побудови градуювального графіка у координатах “швидкість реакції – концентрація І⁻” вивчають залежність оптичної густини розчинів з різним вмістом йодиду від часу. Одержані результати представляють у формі кінетичних кривих ($A_{440} = f(t)$, хв.). Визначають тангенс кута нахилу початкового (лінійного) відрізка для кожної кінетичної кривої ($\text{tg}\alpha$) і будують градуювальний графік будують в координатах “ $\text{tg}\alpha - C_{\text{KI}}$ (моль/л)”.

Прилади та реактиви.

- Фотоелектроколориметр ФЭК-2;
- Секундомір;
- Колби мірні ємністю 25 мл;
- Піпетки ємністю 1, 2, 5 мл;
- Бідистильована вода;
- БПЧ, $4 \cdot 10^{-4}$ моль/л;
- KI, $2,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л;
- H₂O₂, 6 моль/л;
- HNO₃, 0,01 моль/л.

Хід роботи

Побудова градуувального графіка. В 5 скляних стаканчиків ємністю 50-100 мл вводять піпеткою по 1,0 мл розчину БПЧ, доливають аліквотну частину розчину КІ (0; 0,25; 0,50; 1,0 та 1,5 мл) і 15–16 мл бідистильованої води. Далі додають 0,5 мл розчину HNO_3 , додають певний об'єм бідистильованої води, виходячи із розрахунку загального об'єму розчину 25 мл, і ретельно перемішують. В кожен стакан безпосередньо перед вимірюванням доливають 1,0 мл розчину пероксиду водню, одночасно ввімкнувши секундомір. Розчин вміщують у кювету з $l = 5$ см і реєструють зміну оптичну густину розчину при $\lambda = 440$ нм в кюветі через 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 хв. Розчин порівняння – 0,5 ммоль/л нітратна кислота.

За одержаними даними будують кінетичні криві $A_{440} - t$ (хв) та визначають графічно тангенс кутів нахилу лінійних відрізків до осі абсцис. На основі одержаних результатів будують градуувальний графік у координатах “ $t_{\text{га}} - \text{концентрація КІ (мкг/мл)}$ ”.

Визначення концентрації йодиду в досліджуваному розчині. Одержують задачу в мірну колбу ємністю 25 мл. Розчин в колбі доводять бідистиллятом до риски, відбирають аліквотну частину (2,5 мл), безпосередньо перед вимірюванням додають всі реактиви (*крім розчину калію йодиду*), як вказано вище, реєструють зміну оптичної густини при 440 нм і графічним методом визначають тангенс кута нахилу лінійних відрізків кінетичних кривих до осі абсцис. Концентрацію йодиду знаходять за градуувальним графіком.

Концентрацію йодиду в задачі (мкг/мл) розраховують з урахуванням розбавлення проби.

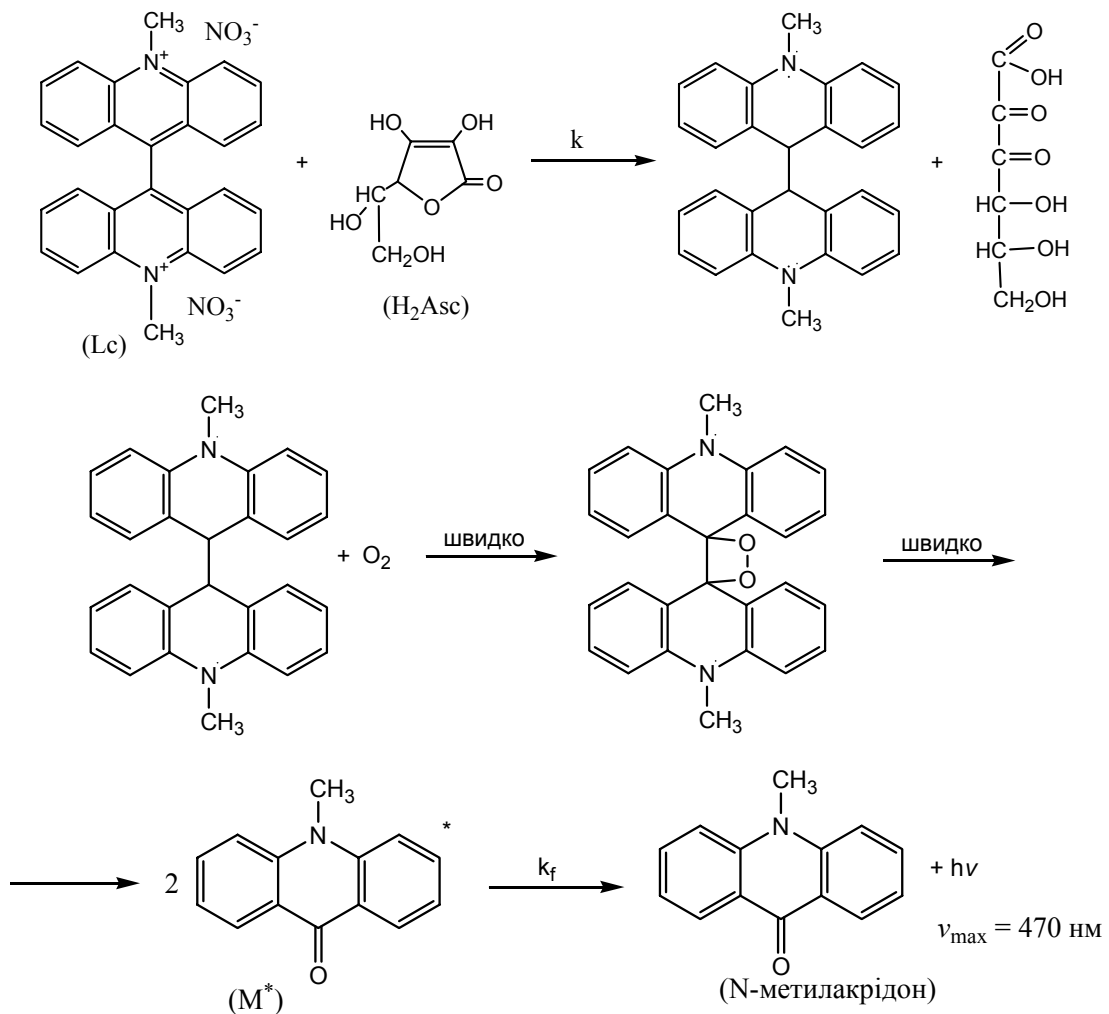
Література.

1. Ясинскене Э.И., Умбражюнайте О.П. Применение некоторых красителей для определения иодидов кинетическим методом // Журн. аналит. химии. – 1973. – т. 28, № 10. – С. 2025–2028.
2. Бишоп Э. Индикаторы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – т. 1. – 496 с.

Лабораторна робота № 2
**Визначений мікрокількостей аскорбінової кислоти
 хемілюмінесцентним методом**

1. Принцип методу. Аскорбінова кислота відіграє певну роль у житті людини. Вона є складовою частиною організму людини, міститься в продуктах харчування, лікарських препаратах. Контроль за її вмістом у різних матеріалах є одним із важливих завдань аналітичної та біологічної хімії.

Аскорбінова кислота поряд з іншими органічними речовинами-відновниками індуктує хемілюмінесценцію люцигеніну (N,N' -диметилбіакридилнітрату, Lc) у лужному середовищі. Реакція відбувається за таким рівнянням:



Швидкість реакції прямопропорційна концентрації аскорбінової кислоти і описується кінетичним рівнянням:

$$\frac{dI}{dt} = Qk[Lc][H_2Asc],$$

$$[Lc] = [Lc]_0 - [P], [P] \Rightarrow 0, [Lc]_0 = const \Rightarrow \frac{dI}{dt} = Qk_{ef}[H_2Asc]$$

$$\text{або } I = Qk_{ef}[H_2Asc]t, t = const \Rightarrow I_t = Qk_{ef}[H_2Asc] \cdot t$$

Для визначення аскорбінової кислоти запропоновано кінетичний некаталітичний метод з вимірюванням швидкості реакції хемілюмінесцентним (ХЛ) способом. Метод досить чутливий і точний. Межа виявлення аскорбінової кислоти становить 0,05-0,1 мкг/мл.

2. Реактиви.

- Аскорбінова кислота .вихідний розчин 0,1 моль/л.
- Аскорбінова кислота (М.м.=176 г/моль), стандартний розчин $2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л (0.044 мг/мл) готують безпосередньо перед роботою розбавленням вихідного розчину бідистильованою водою.
- Гідроксид калію КОН, 0,8 моль/л (готується з препарату КОН кваліфікації "ос.ч")
- Lc, $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л водний розчин (готується за наважкою з препарату фірми „Реанал”).
- Бідистильована вода.

3. Апаратура та посуд.

- Хемілюмінесцентний фотометр з ФЕП-19А.
- Піпетки ємністю 1 мл- 4 шт.
- Кювета (бюкс ємністю 5 мл)- 1 шт.
- Секундомір.

4. Методика аналізу. Побудова градууювального графіку. У I кювету вводять 0.5 мл розчину Lc, бідистильовану воду до загального об'єму 3 мл. У II кювету 0,5 мл розчину КОН, бідистиліят, виходячи з загального об'єму 2 мл, і стандартний розчин аскорбінової кислоти в кількості 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 та 1,5 мл. Одночасно з введенням вмісту першої кювети в другу, вмикають секундомір. Розчин перемішують, ставлять кювету в кюветне відділення ХЛ фотометра, через 5 с після ввімкнення секундоміра відкривають шторку кюветного відділення і вимірюють суму свічення (діапазон 3 без діафрагми) упродовж 30 с. За одержаними даними будують

градувальний графік в координатах “сума свічення (відн.од.) – вміст аскорбінової кислоти, мг.

5. Визначення аскорбінової кислоти у розчині задачі.

Задачу отримують у мірну колбу ємністю 25 мл і доводять бідистилятом до риски. В першу кювету вводять розчин Lc та бідистильовану воду, у другу – розчин КОН, бідистилят, як вказано вище, і 0,5 мл розчину задачі. Розчин перемішують, ставлять кювету в кюветне відділення ХЛ фотометра, через 5 с після ввімкнення секундоміра відкривають шторку кюветного відділення і вимірюють суму свічення упродовж 30 с, закривають шторку фотометра. Кількість аскорбінової кислоти (мг) у досліджуваному розчині знаходять за градувальним графіком.

6. Визначення аскорбінової кислоти у фармпрепаратах: №1-3 (таблиця)

№п.п.	Фармпрепарат	Виробник	Заявлений вміст аскорбінової кислоти, мг/таблетка	Вміст інших компонентів, мг/табл
1	Вітамін С- Здоровье	ООО ФармКом «Здоровье», м.Харків	500	Крохмаль, сахароза, дикальція фосфат, аспартам, натрію сахарінат, ЕДТА, бутилат гідрокситолуїн, магнія стеарат, сансет жовтий, ароматизатор апельсиновий
2	Триовіт	KRKA, Словенія	100	Бета-каротин- 10, Токоферола ацетат -40, Селен (комплекс із дріжджами) – 50, магнію стеарат, сіліцію діоксид
3	Морской кальций	ООО «Экомир», Россия	15	Кальція карбонат – 0,38 г, вітамін D ₃ 50 МЕ, автолізат дріжджів

Таблетку розтирають та розчиняють у 50 мл дистильованої води, нерозчинні компоненти відфільтровують, збираючи розчин у мірну колбу ємністю 100 мл, і доводять дистиллятом до мітки. Аліквотну частину (1.0 мл) розчинів препаратів №1 і №2 переносять у мірну колбу ємн.50 мл і доводять бідистиллятом до мітки, ретельно перемішують. В першу кювету вводять розчин Lc та бідистильовану воду, у другу – розчин КОН, бідистиллят, як вказано вище, і 0,5 (або 1,0) мл аналізованого розчину. Розчин перемішують, ставлять кювету в кюветне відділення ХЛ фотометра, через 5 с після ввімкнення секундоміра відкривають шторку кюветного відділення і вимірюють суму свічення упродовж 30 с, закривають шторку фотометра. Кількість аскорбінової кислоти (мг) у досліджуваному розчині знаходять за градувальним графіком. Вміст аскорбінової кислоти у таблетці фармпрепарату розраховують за рівнянням:

$$m \text{ (мг)} = \frac{x \cdot V_0}{V_a} n,$$

де X – вміст аскорбінової кислоти, знайдений за градувальним графіком, мг;

V_0 – об'єм аналізованого розчину, мл;

V_a - аліквотна частина аналізованого розчину, мл.

n- кратність розбавлення розчину фармпрепарату (№1 – 1, №2-№3- 50).

Література

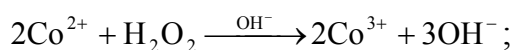
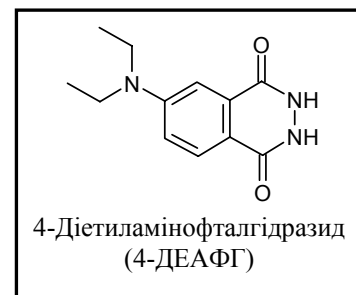
1. Бабко А.К., Дубовенко Л.И., Луковская Н.М. Хемилюминесцентный анализ. Киев: Техніка, 1966.
2. Дубовенко Л.И., Куян О.А. Визначення мікрокількостей аскорбінової кислоти хемилюмінесцентним методом // Вісник Київського університету. Сер. хім. – 1980, вип. 21. – С. 18-20.
3. Дубовенко Л.И., Назаренко А. Ю..Хемилюминесцентные реакции люцигенина с восстановителями // Журн.аналит.химии – 1977, № 32.

Лабораторна робота №3

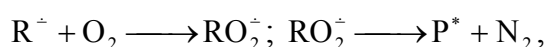
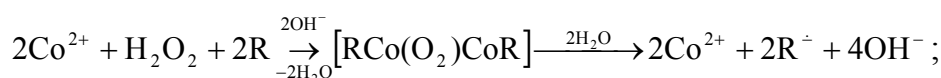
Визначення мікрокількостей кобальту хемілюмінесцентним методом

Принцип методу.

Іони кобальту каталізують реакцію окиснення люмінолу та його аналогів (наприклад, 4-діетиламінофталгідразиду (4-ДЕАФГ) пероксидом водню у лужному середовищі. Механізм хемілюмінесцентної (ХЛ) реакції 4-ДЕАФГ з пероксидом водню в присутності кобальту можна описати такою загальною схемою:



Окиснення гідрозиду може відбуватись і всередині складного двоядерного комплексу:



де $\text{R} = \text{HR}^-$ або R^{2-} ; P^* – амінофталат у збудженому стані.

Застосовуючи метод стаціонарного стану, при умові $[\text{Co}^{2+}] \ll [4\text{-ДЕАФГ}]$, $[\text{H}_2\text{O}_2]$, для незначної глибини перетворення ($[\text{P}] \rightarrow 0$) та, враховуючи некаталітичну (“фонову”) реакцію, одержуємо кінетичне рівняння, що лежить в основі визначення концентрації кобальту ХЛ методом:

$$\sum I = Qk'_{\text{ef}}[\text{Co}^{2+}]_0 + Qk'_3,$$

де Q – квантовий вихід ХЛ; k'_3 – константа швидкості некаталітичної реакції.

Таким чином, сума свічення (або інтенсивність), що виділяється в результаті реакції пропорційна концентрації кобальту у розчині. Залежність максимальної інтенсивності ХЛ від концентрації кобальту лінійна в інтервалі 10^{-10} – 10^{-7} моль/л, чутливість визначення Со (II) із застосуванням 4-ДЕАФГ становить $6 \cdot 10^{-3}$ нг/мл.

Реактиви.

- 4-ДЕАФГ, $8 \cdot 10^{-6}$ моль/л

Наважку 0,0117 г реактиву розчиняють в 0,4 мл 1 моль/л розчину КОН і доводять об'єм розчину бідистильованою водою до 50 мл. Отриманий розчин має концентрацію $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Далі 0,8 мл $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л розчину розбавляють бідистильованою водою до 100 мл.

- Стандартний розчин кобальту, 1 мг/мл (рН 3–4).
- Робочий розчин кобальту, 5 нг/мл (рН 3–4).
- H_2O_2 , $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л.
- КОН, 12,25 моль/л.
- Бідистильована вода.

Прилади та посуд.

- Хемілюмінесцентний фотометр з ФЕП–19А.
- Секундомір.
- Бюкс ємністю 20 мл – 1 шт.
- Піпетка ємністю 1 мл – 3 шт.
- Дозатор піпеточний ємністю 0,25 мл – 1 шт.
- Колба мірна ємністю 25 мл – 5 шт.

Методика аналізу.

Побудова градуювального графіка. В ХЛ кювету (бюкс) вносять 1,0 мл розчину 4-ДЕАФГ, бідистильовану воду у розрахунку на 10 мл загального об'єму, 0,4 мл розчину H_2O_2 та робочий розчин кобальту: 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 та 1,0 мл. Далі вміщують кювету у кюветне відділення ХЛ фотометра і швидко додають дозатором 0,25 мл розчину КОН одночасно увімкнувши секундомір. Через 5 с відкривають шторку фотометра. Суму свічення, що виділяється в ході реакції вимірюють за 30 с. За одержаними даними будують градуювальний графік у координатах “сума ХЛ свічення (у відносних одиницях) – концентрація кобальту (П), нг/10 мл”.

Аналіз досліджуваного розчину. В мірну колбу ємністю 25 мл одержують задачу, додають до неї 1 краплину 1 моль/л HNO_3 і доводять об'єм бідистильованою водою до мітки. В кювету вносять 1,0 мл розчину 4-ДЕАФГ, 7,1 мл бідистильованої води, 0,4 мл розчину H_2O_2 та аліквотну частину (0,5 мл) розчину задачі. Далі вміщують кювету у кюветне відділення ХЛ фотометра і швидко додають дозатором 0,25 мл

розчину КОН як вказано вище. Вимірюють суму свічення за 30 с. Концентрацію кобальту в пробі знаходять за градувальним графіком.

Розрахунки.

$$C_{\text{Co}^{2+}} = \frac{C'}{V_a}, (\text{мкг} / \text{л}),$$

де C' – концентрація кобальту, знайдена за графіком, нг/10 мл;

V_a – об'єм аліквотної частини задачі, мл.

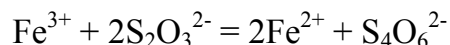
Література

1. Бабко А.К., Дубовенко Л.И., Луковская Н.М. Хемилюминесцентный анализ. – Киев: Техника, 1966. – 250 с.
2. Дубовенко Л.И., Пилипенко Л.А., Стеблина Л.М. Кислотно-основные свойства 4-диэтиламинофталгидразида и применение его для хемилюминесцентного определения кобальта // Журн. аналит. химии. – 1981. – **36**, № 4. – С. 695 – 700.
3. Запорожец О.А., Наджафова О.Ю., Савранский Л.И., Сухан В.В. Сорбционно-хемилюминесцентное определение кобальта 4-диэтиламинофталгидразидом в питьевой воде // Укр. хим. журнал. – 1992. – **58**, № 9. – С. 750–753.
4. Дубовенко Л.И., Запорожец О.А., Пятницкий И.В. Хемилюминесцентный метод определения никеля // Укр. хим. журнал. – 1988. – **54**, № 2. – С.163–168.

Лабораторна робота № 3.

Визначення концентрації тіосульфату кінетичним методом.

Принцип методу. Визначення ґрунтується на індикаторній реакції:



швидкість якої пропорційна концентрації тіосульфат-іонів у розчині. Швидкість реакції визначають фотометричним методом, слідкуючи за зміною концентрації Fe^{3+} , як індикатор використовують тіаціанат:

Концентрацію тіосульфату в розчині знаходять за градуювальним графіком в координатах “швидкість реакції - концентрація $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ”.

Для побудови градуювального графіка використовують метод тангенсів. Для цього вивчають залежність оптичної густини розчинів заліза (III) при різній концентрації тіосульфату в присутності 1,10-фенантроліну від часу і за одержаними результатами для кожного випадку будують залежність $A = f(t)$. Знаходять $\text{tg}\alpha$, де α - кут нахилу лінійного відрізка прямих до осі абсцис. Градуювальний графік будують в координатах “ $\text{tg}\alpha - V(\text{мл})$ ”.

Прилади та реактиви.

- Спектрофотометр СФ-46;
- Секундомір;
- Колби мірні ємністю 25 мл;
- Піпетки ємністю 1, 5, 10 мл;
- Дозатори автоматичні ємністю 0,2 мл;
- Бідистильована вода;
- $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л;
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л;
- Натрію тіоціанат, $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л;
- H_2SO_4 , 0,1 моль/л.

Хід роботи

Побудова градуувального графіка. В 5 мірних колб ємністю 25 мл вводять піпеткою по 0,8 мл H_2SO_4 та 2,5 мл розчину тіоціанату. В кожну колбу безпосередньо перед вимірюванням доливають аліквотну частину розчину тіосульфату натрію (1, 2, 3, 4, 6 мл) і доводять бідистилятом до риски. За допомогою дозатора швидко вводять 0,25 мл розчину феруму (III), одночасно увімкнувши секундомір, добре перемішують вміст колби і вимірюють оптичну густину розчину порівняння при $\lambda = 490$ нм в кюветі з $l = 1$ см через 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 хв відносно досліджуваного розчину.

Для приготування розчину порівняння в колбу ємністю 25 мл вносять 0,8 мл сірчаної кислоти, 2,5 мл розчину тіоціанату, 0,25 мл розчину феруму (III) та доводять об'єм бідистилятом до риски.

За одержаними даними будують графік залежності $A - t$ (хв). Розраховують тангенси кутів нахилу лінійних відрізків до осі абсцис і будують градуувальний графік у координатах “ $\text{tg}\alpha - \text{концентрація Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (мг/25 мл)”.

Визначення концентрації тіосульфату в досліджуваному розчині. Задачу одержують в мірну колбу ємністю 25 мл, безпосередньо перед вимірюванням додають всі реактиви, як вказано вище, **крім розчину тіосульфату**, вимірюють оптичну густину та розраховують тангенс кута нахилу за одержаними даними. Концентрацію тіосульфату (мг) знаходять за градуувальним графіком.

Література.

3. Яцимирский К.Б. Кинетические методы анализа. М.: Химия, 1967.
4. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. М.: Мир, 1971.

Теми рефератів :

Тема №1. Основні положення, поняття, терміни. Індикаторна реакція та індикаторна речовина. Вимоги до них. Швидкість та константа швидкості індикаторної реакції. Парціальний та загальний порядок реакції. Молекулярність реакції. Елементарні реакції (паралельні або конкурентні, оборотні, послідовні, ланцюгові) та їх прості комбінації. Рівняння швидкості та кінетичні криві елементарних реакцій.

Тема №2. Аналітичний відгук та методи його вимірювання. Диференційне рівняння швидкості реакції реакції "0" або псевдонульового порядку, першого або псевдопершого порядку. Інтегральні рівняння швидкості реакції нульового або псевдонульового порядку, першого або псевдопершого порядку.

Тема №3. Диференційне рівняння швидкості паралельних реакцій. Диференційне рівняння швидкості консекутивної реакції. Диференційне рівняння швидкості оборотної реакції.

Тема №4. Повільні реакції. Закриті системи, статичний спосіб вимірювання швидкості реакції. Способи вимірювання аналітичного відгуку повільних реакцій у закритих (статичний спосіб) системах.

Тема №5. Швидкі реакції. Відкриті системи, динамічні способи вимірювання швидкості реакції. Способи вимірювання аналітичного відгуку швидких реакцій у відкритих системах -метод безперервного струменю.

Тема 6. Параметри, що впливають на швидкість реакції: природа розчинника (рівняння Кірквуда),

Тема 7. Параметри, що впливають на швидкість реакції: первинний і вторинний солеві ефекти (рівняння Дебая-Хюккеля).

Тема 8. Кінетичні (некаталітичні) методи аналізу. Визначення органічних речовин при їх сумісній присутності.

Тема №9. Приклади та основні області застосування кінетичних методів аналізу.