

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

В. О. Мінаєва

**ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ
З АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ
(ЧАСТИНА 2. ХІМІЧНІ МЕТОДИ
КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ)**

*Навчально-методичний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

Черкаси – 2014

УДК 543 (073)
ББК 24.4 я 73 – 1
М54

Рецензенти:

Доктор хімічних наук, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології Східноукраїнського національного університету ім. Даля *І. І. Захаров*;

доцент кафедри хімії Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького *Ю. А. Шафорост*.

Мінаєва В. О. Тестові завдання з аналітичної хімії (Частина 2. Хімічні методи кількісного аналізу): Навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2014. – 112 с.

Посібник включає програму змістових модулів та тестові завдання з хімічних методів кількісного аналізу. Навчально-методичний посібник пропонуються студентам для перевірки засвоєння знань при вивченні курсу «Аналітична хімія».

Метою даного видання є активізація самостійної роботи студентів.

Посібник буде корисним для студентів хімічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також його можуть використовувати студенти інших спеціальностей та вчителі шкіл з поглибленим вивченням хімії.

УДК 543 (073)
ББК 24.4 я 73 – 1

Рекомендовано до друку Вченою радою ННІ природничих наук Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

(протокол №5 від 22 січня 2014 р.)

© ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2014

© В.О. Мінаєва

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| Передмова | 4 |
| Змістовий модуль 4 | 7 |
| Тема 4.1. Статистична обробка результатів хімічного аналізу | 7 |
| Завдання для тестування | 7 |
| Тема 4.2. Гравіметричний аналіз | 9 |
| Завдання для тестування | 10 |
| Змістовий модуль 5. Титриметричний аналіз | 21 |
| Тема 5.1. Загальна характеристика титриметричного аналізу | 21 |
| Завдання для тестування | 22 |
| Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування | 33 |
| Завдання для тестування | 33 |
| Тема 5.3. Методи окисно-відновного титрування | 66 |
| Завдання для тестування | 67 |
| Тема 5.4. Методи осаджувального титрування | 83 |
| Завдання для тестування | 83 |
| Тема 5.5. Методи комплексометричного титрування | 91 |
| Завдання для тестування | 91 |
| Список використаних джерел | 100 |
| Додатки | 101 |

ПЕРЕДМОВА

Однією із найважливіших складових навчального процесу є перевірка якості знань. Від її об'єктивності, своєчасності та оперативності в значній мірі залежить можливість внесення ефективних корективів у навчальний процес, а отже і успіх процесу навчання.

Останнім часом значну увагу приділяють тестовим формам контролю знань. Використання систематичного тестового контролю протягом вивчення дисциплін орієнтоване на активізацію самостійної роботи студентів з елементами творчості, на формування професійно важливих умінь, що є важливими чинниками успішної навчальної діяльності [1]¹.

Тестовий контроль при оцінці рівня засвоєння знань з певної теми передбачає як широту охоплення матеріалу з теми, так і її глибину.

Тест – розроблений комплекс завдань, для перевірки будь-яких характеристик: рівня засвоєння тієї чи іншої теми, готовність до виконання лабораторної роботи.

Тестовим завданням може бути запитання, задача, вправа з набором правильних, неправильних та можливих відповідей, але неправильних.

Преваги тестів:

- результати тестів мають об'єктивний характер;
- відображають реальні досягнення студентів, мають можливість багаторазового повторення;
- сприяють здійсненню контролю самостійної роботи

¹ Ластухін Ю. О. Збірник тестових питань з органічної хімії. Посібник для вищих навчальних закладів / Ю. О. Ластухін. – Львів: Центр Європи, 2007. – 327 с.

студентів, створюють умови для самооцінки досягнень студентів;

– сприяють використанню комп'ютерної техніки, застосування сучасних педагогічних технологій навчання;

– сприяють застосуванню багатобальної шкали оцінювання;

– сприяють заощадженню навчального часу студентів;

– сприяють індивідуалізації, диференціації контролю студентів [2]².

Тестові завдання класифікують за різними ознаками, критеріями, принципами. За формою завдання тесту вони поділяються на завдання відкритої та закритої форми. Тести відкритої форми передбачають вільне конструювання відповіді студентами. Тести закритої форми передбачають вибір студентами серед альтернативних правильну відповідь.

Тестові завдання закритої форми різняться за принципами побудови відповіді. У викладанні хімії використовують різні види тестових завдань: альтернатива, відповідність і множинний вибір.

Тест-альтернатива передбачає наявність двох можливих варіантів відповіді на зразок «так – ні», «правильно – неправильно». Цей вид тестів використовується для виявлення вмінь визначати призначення фактів, законів, підводити під поняття, з'ясовувати причину, що виникла, чи інше явище.

² Грабовий А. К. Методика викладання хімії у вищій школі: курс лекцій, опорні конспекти та тестові завдання. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / А. К. Грабовий. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2010. – 148 с.

Тест-відповідність, як правило, складається із 2 паралельних колонок, де якому-небудь слову чи цифрі, символу, фразі в одній колонці, необхідно знайти відповідну відповідь в іншій колонці. Цим видом тестів можна виявити уміння студентів визначати призначення речовин, апаратів, процесів, класифікувати, визначати зв'язки між абстрактним поняттям та конкретним явищем.

Тест-множинний вибір складається із завдання і стислої відповіді на нього, найбільш раціональним вважається набір із 4-5 відповідей. Відповідь студента полягає у виборі того варіанта із запропонованого набору, який на його думку є найбільш правильним або кращим. Половина тестових завдань може бути виражена запитанням або задачею. В завданні може бути одна або кілька правильних відповідей [2].

У даному посібнику наведені типові тестові завдання, які пропонуються студентам хімічних спеціальностей ВНЗ для перевірки засвоєння знань при вивченні курсу «Аналітична хімія».

Автор вважає, що систематичне використання тестового контролю протягом вивчення дисципліни сприятиме активізації самостійної роботи студентів, формуванню професійно важливих умінь, що є важливими чинниками успішної навчальної діяльності.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4

ТЕМА 4.1. СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ

Класифікації похибок аналізу: абсолютна та відносна похибка; систематичні, випадкові похибки, промахи.

Основні характеристики методу аналізу: правильність і відтворюваність аналізу, коефіцієнт чутливості, межа виявлення.

Статистична обробка результатів вимірювань (аналізу). Випадкова величина. Закон нормального розподілу випадкових похибок. Середнє значення, стандартне відхилення, дисперсія. Довірчий інтервал, довірча ймовірність, інтервальне значення вимірювальної величини. Критерії оцінки промахів (3s-критерій, Q-критерій). Оцінка правильності аналізу. Стандартні зразки, їх виготовлення, атестація і використання.

Застосування методу найменших квадратів для побудови градуовального графіку.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

1. За якою формулою розраховують вибіркоче стандартне відхилення для одиничного визначення?

$$\text{а) } \Delta \bar{x} = \pm \frac{t_{f,p} \cdot s}{\sqrt{n}} \quad \text{б) } s_r(\%) = \frac{s}{x} \cdot 100.$$

$$\text{в) } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{г) } s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

2. Вказати формулу для розрахунку коефіцієнту варіації:

$$\text{a) } s_x^- = \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

$$\text{б) } s_r(\%) = \frac{s}{x} \cdot 100.$$

$$\text{в) } \Delta \bar{x} = \pm \frac{t_{f,p} \cdot s}{\sqrt{n}}.$$

$$\text{г) } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

3. За якою формулою розраховують довірчий інтервал для середнього визначення?

$$\text{a) } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

$$\text{б) } s_r(\%) = \frac{s}{x} \cdot 100.$$

$$\text{в) } \Delta \bar{x} = \pm \frac{t_{f,p} \cdot s}{\sqrt{n}}.$$

$$\text{г) } s_x^- = \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

4. Вказати формулу для розрахунку дисперсії вибірки:

$$\text{a) } s_x^{-2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}.$$

$$\text{б) } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

$$\text{в) } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}.$$

$$\text{г) } s_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

5. Вказати формулу для розрахунку стандартного відхилення середнього результату визначень:

$$\text{a) } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

$$\text{б) } s_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

$$\text{в) } s_x^{-2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}.$$

$$\text{г) } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}.$$

ТЕМА 4.2. ГРАВІМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

Суть гравіметричного аналізу, області застосування. Класифікація методів гравіметричного аналізу (методи відгонки (прямі і непрямі), осадження; виділення).

Аналітичні терези, їх будова. Правила роботи на аналітичних терезах.

Гравіметричний метод аналізу, заснований на осадженні. Загальна схема аналізу. Поняття про наважку речовини та її розрахунок. Вимоги до осаджувача (специфічність, леткість, здатність утворювати осад з найменшим значенням добутку розчинності). Найважливіші неорганічні й органічні осаджувачі. Кількість осаджувача. Осаджувана та гравіметрична форми; вимоги до них. Дозрівання осаду. Промивання осаду; підбір промивної рідини. Зміна складу осаду при висушуванні і прожарюванні. Побічні явища при прожарюванні осаду (термічна дисоціація осаду, відновлення осаду, леткість осаду).

Похибки в гравіметричному аналізі. Співосадження: адсорбція, оклюзія, ізоморфне співосадження. Способи усунення співосадження. Співосадження з колектором.

Розрахунки в гравіметричному аналізі.

Приклади практичного застосування гравіметричного методу аналізу. Визначення вмісту кристалізаційної води в кристалогідратах методом відгонки. Визначення вмісту Сульфуріуму методом осадження. Визначення Феруму, Кальцію, Магнію. Застосування органічного реагенту 8-оксихіноліну для гравіметричного визначення Магнію і Алюмінію та диметилглюксиму для гравіметричного визначення Нікелю.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

6. При якій з цих умов утворюється осад?
- а) $ЙД < ДР$; б) $ЙД > ДР$;
в) $ЙД = ДР$; г) $ЙД \approx ДР$.
7. Осаджувана форма – це:
- а) сполука, масу якої визначають в результаті аналізу;
б) сполука, у вигляді якої осаджують певний компонент;
в) сполука, яку аналізують;
г) розчин, який осаджує певний йон.
8. Який з наведених осадів є найменш розчинним?
 $ДР(\text{CaCO}_3) = 4,8 \cdot 10^{-9}$; $ДР(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2,3 \cdot 10^{-9}$;
 $ДР(\text{CaSO}_4) = 9,1 \cdot 10^{-6}$.
- а) CaCO_3 ; б) CaC_2O_4 ; в) CaSO_4 .
9. Який об'єм осаджувача рекомендується брати для гравіметричного аналізу?
- а) еквівалентний; б) півторакратний надлишок;
в) довільний надлишок; г) трьохкратний надлишок.
10. Чому не завжди рекомендується брати великий надлишок осаджувача для досягнення повноти осадження?
- а) можливе підвищення розчинності осаду внаслідок утворення кислих солей;
б) можливе підвищення розчинності осаду внаслідок утворення координаційних сполук;
в) можливе підвищення розчинності осаду внаслідок утворення амфотерних сполук;
г) можливе підвищення розчинності осаду внаслідок прояву сольового ефекту.
11. Які вимоги висуваються до осаджувачів?

- а) осаджувач повинен бути летким;
- б) осаджувач повинен бути специфічним;
- в) осаджувач повинен утворювати якомога менш розчинну сполуку;
- г) осаджувач повинен утворювати крупнокристалічний осад.

12. Яким реактивом у гравіметричному аналізі найкраще осаджувати аргентум-іони?

- а) NaCl ;
- б) CaCl_2 ;
- в) HCl ;
- г) BaCl_2 .

13. Що називають сольовим ефектом?

- а) підвищення розчинності осаду в присутності сильних електролітів;
- б) зменшення розчинності осаду в присутності надлишку осаджувача;
- в) зменшення розчинності осаду в присутності сильних електролітів.

14. Які із перерахованих умов висуваються до осаджуваної форми?

- а) повинна мати якомога меншу розчинність;
- б) повинна точно відповідати за складом гравіметричній формі;
- в) повинна бути хімічно стійкою;
- г) не повинна містити домішки, які б тільки частково видалялися при висушуванні або при прокалюванні;
- д) осад повинен бути кристалічним;
- е) необхідно, щоб форма осадження легко і повністю перетворювалась в гравіметричну форму.

15. Які із умов найкращі при одержанні кристалічних осадів у гравіметричному аналізі?

- а) осадження проводити з гарячих розчинів;
- б) осадження проводити з охолоджених розчинів;
- в) осадження проводити із розведених розчинів;
- г) осадження проводити із відносно концентрованих розчинів;
- д) додавати розчини, що сприяють підвищенню розчинності при отриманні осаду;
- е) додавати осаджувач повільно, постійно перемішуючи розчин скляною паличкою;
- є) додавати осаджувач швидко;
- ж) відфільтровувати осад відразу після осадження;
- з) залишати осад під маточним розчином на дозрівання.

16. Чому після одержання осаджуваної форми у вигляді кристалічного осаду в гравіметричному аналізі осад залишають на деякий час під маточним розчином?

- а) для укрупнення частинок осаду за рахунок розчинення дрібних кристаликів;
- б) для збільшення повноти осадження;
- в) для десорбції домішок.

17. Яких умов потрібно дотримуватись при одержанні барій-іонів сульфатною кислотою?

- а) повільне осадження із холодного концентрованого розчину при перемішуванні;
- б) повільне осадження із гарячого концентрованого розчину при перемішуванні;
- в) швидке осадження із гарячого концентрованого розчину при перемішуванні;
- г) повільне осадження із гарячого розведеного розчину при перемішуванні.

18. Які із перерахованих умов висуваються до гравіметричної форми?

- а) повинна мати якомога меншу розчинність;
- б) повинна бути хімічно стійкою;
- в) повинна точно відповідати хімічній формулі;
- г) необхідно, щоб гравіметрична форма легко і повністю перетворювалась в осаджувану форму;
- д) вміст елементу, який визначають, повинен бути в гравіметричній формі якомога меншим;
- е) осад повинен бути крупнокристалічним.

19. Серед приведених формул малорозчинних речовин вкажіть, які з них мають кристалічну структуру:

- а) BaSO_4 ;
- б) CaC_2O_4 ;
- в) $\text{Fe}(\text{OH})_3$;
- г) $\text{Mg}(\text{OH})_2$;
- д) MgNH_4PO_4 ;
- е) $[\text{Ni}(\text{HDm})_2]$.

20. Які із умов найкращі при одержанні аморфних осадів в гравіметричному аналізі?

- а) осадження проводити з гарячих розчинів;
- б) осадження проводити з охолоджених розчинів;
- в) осадження проводити із розведених розчинів;
- г) осадження проводити в присутності електроліту-коагулянту;
- д) осадження проводити із відносно концентрованих розчинів;
- е) додавати розчини, що сприяють підвищенню розчинності при отриманні осаду;
- є) додавати осаджувач повільно, постійно перемішуючи розчин скляною паличкою;
- ж) додавати осаджувач швидко;
- з) відфільтрувати осад відразу після осадження;
- і) залишати осад під маточним розчином на дозрівання.

21. Аморфний осад здатний до подрібнення. Це явище називають:

- а) адсорбцією;
- б) оклюзією;
- в) пептизацією;
- г) декантацією.

22. Для чого при отриманні аморфних осадів в розчин вводять електроліт-коагулянт?

- а) щоб створити заряд колоїдної частинки;
- б) щоб нейтралізувати заряд колоїдної частинки;
- в) для підвищення розчинності осаду;
- г) для зменшення розчинності осаду.

23. Для чого при промиванні аморфного осаду рекомендується додавати до промивної рідини електроліт?

- а) для зменшення розчинності осаду;
- б) для видалення адсорбованих йонів;
- в) щоб припинити пептизацію аморфних осадів;
- г) для збільшення розчинності осаду.

24. Осадження BaSO_4 проводять у присутності хлоридної кислоти. Для яких цілей добавляють HCl ?

- а) для нейтралізації розчину;
- б) для збільшення розчинності осаду в процесі осадження;
- в) для зменшення розчинності осаду.

25. Співосадження це:

- а) забруднення осаду речовинами, які в умовах осадження повинні бути повністю залишеними у розчині;
- б) забруднення осаду маточним розчином;
- в) це процес відносного перенасичення осаду;
- г) процес, оборотній до пептизації.

26. Адсорбція – це:

- а) захват домішок поверхнею осаду;
- б) захват домішок в середину кристалу;
- в) процес, оборотній до пептизації;
- г) процес поступового додавання розчину точно відомої концентрації до розчину з невідомою концентрацією.

27. Оклюзія – це:

- а) захват домішок та маточного розчину в середину кристалу;
- б) відносно перенасичення розчину;
- в) захват домішок поверхнею осаду;
- г) утворення ізоморфних кристалів.

28. Коагуляція – це процес, оборотній до:

- а) адсорбції;
- б) ізоморфного співосадження;
- в) пептизації;
- г) оклюзії.

29. Позбавитись від оклюзії можна:

- а) пептизацією;
- б) переосадженням;
- в) декантацією;
- г) коагуляцією.

30. Який вид співосадження можна зменшити промиванням осаду?

- а) адсорбцію;
- б) ізоморфне співосадження;
- в) оклюзію;
- г) утворення змішаних кристалів.

31. Якого правила слід дотримуватися при промиванні осаду?

- а) промивати багато разів невеликим об'ємом промивної рідини;

б) промивати 1–2 рази великим об'ємом промивної рідини;

в) число промивань та об'єм рідини не мають значення.

32. Підберіть відповідність між осаджуваною формою BaSO_4 та його гравіметричною формою:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| а) BaSO_4 ; | б) BaO ; |
| в) BaS ; | г) BaSO_3 . |

33. Який з даних осадів можна віднести до аморфного?

- | | |
|----------------------|--|
| а) CaCO_3 ; | б) BaSO_4 ; |
| в) PbSO_4 ; | г) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. |

34. Яка гравіметрична форма для визначення Кальцію при осадженні його у вигляді кальцій оксалату, якщо форму осадження прокалити при температурі 1100°C ?

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| а) CaC_2O_4 ; | б) CaCO_3 ; |
| в) CaO ; | г) $\text{Ca}(\text{OH})_2$. |

35. Для гравіметричного визначення феруму(III) його осаджують у вигляді гідроксиду. Яка сполука є гравіметричною формою?

- | | |
|--|-------------------------------|
| а) Fe_2O_3 ; | б) $\text{Fe}(\text{OH})_3$; |
| в) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; | г) Fe_3O_4 . |

36. Для гравіметричного визначення алюмінію його осаджують у вигляді гідроксиду. Яка сполука є гравіметричною формою?

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| а) $\text{Al}(\text{OH})_3$; | б) Al_2O_3 ; |
| в) $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$; | г) Al . |

37. При гравіметричному визначенні фосфат-іонів формою осадження є MgNH_4PO_4 . Яка сполука є гравіметричною формою?

- а) $MgNH_4PO_4$; б) $Mg_3(PO_4)_2$;
в) $Mg_2P_2O_7$; г) Mg .

38. Чому дорівнює рекомендована маса гравіметричної форми для кристалічних осадів?

- а) 1,5 г; б) 0,5 г;
в) 1,0 г; г) 0,1 г.

39. Чому дорівнює рекомендована маса гравіметричної форми для аморфних осадів?

- а) 0,5–1,0 г; б) 0,5 г;
в) 0,1–0,3 г; г) 0,1 г.

40. Як проконтролювати повноту осадження йону, який визначають?

а) додати строго розраховану кількість розчину осаджувача;

б) додати півторакратний об'єм розчину осаджувача в порівнянні з розрахованим за рівнянням реакції;

в) перевірити відсутність йона, який визначають, в маточному розчині спеціальною якісною реакцією;

г) додати надлишок осаджувача до маточного розчину з осадом. Відсутність помутніння свідчить про повне осадження йону, який визначають.

41. Осад барій сульфату є:

- а) драглистий;
б) аморфний;
в) дрібнокристалічний;
г) крупнокристалічний.

42. Час від моменту зливання розчинів до моменту появи осаду називається:

- а) ізоморфне співосадження;

- б) індукційний період;
- в) коагуляція;
- г) пептизація.

43. Декантація це:

- а) забруднення осаду іншими речовинами;
- б) процес переосадження;
- в) процес промивання осаду;
- г) обережне зливання маточного розчину на фільтр по скляній паличці.

44. Фактор перерахунку в гравіметричному аналізі (аналітичний множник) – це:

- а) відношення молярної маси еквівалента компоненту, який визначають, до молярної маси еквівалента гравіметричної форми;
- б) відношення молярної маси гравіметричної форми до молярної маси компоненту, який визначають;
- в) відношення кількості компоненту, який визначають, до кількості гравіметричної форми;
- г) відношення кількості гравіметричної форми до кількості компоненту, який визначають.

45. Фактор перерахунку (аналітичний множник) показує:

- а) скільки грамів визначуваної речовини відповідає 1 мг гравіметричної форми;
- б) скільки грамів визначуваної речовини відповідає 1 г форми осадження;
- в) скільки грамів визначуваної речовини відповідає 1 г гравіметричної форми;
- г) скільки грамів гравіметричної форми відповідає 1 г речовини, яку визначають.

46. Обчисліть фактор перерахунку для гравіметричного визначення Магнію за масою $Mg_2P_2O_7$. $M(Mg) = 24,3050$ г/моль; $M(Mg_2P_2O_7) = 222,553$ г/моль.

- а) 0,1092; б) 0,2184;
в) 9,1567; г) 4,5783.

47. Обчисліть фактор перерахунку при гравіметричному визначенні Кальцію у вигляді CaO. $M(Ca) = 40,078$ г/моль. $M(CaO) = 56,077$ г/моль.

- а) 1,3992; б) 0,8573;
в) 0,7147; г) 1,7140.

48. Розрахувати аналітичний множник (гравіметричний фактор перерахунку) при визначенні хлорид-іонів у вигляді AgCl. $M(Cl^-) = 35,45$ г/моль. $M(AgCl) = 143,32$ г/моль.

- а) 0,2473; б) 0,5569;
в) 1,0236; г) 1,3258.

49. Розрахувати аналітичний множник (гравіметричний фактор перерахунку) при визначенні Ba^{2+} -іонів у вигляді BaSO₄. $M(Ba^{2+}) = 137,33$ г/моль; $M(BaSO_4) = 233,98$ г/моль.

- а) 0,5869; б) 0,2933;
в) 1,1738; г) 1,7037.

50. Розрахувати аналітичний множник (гравіметричний фактор перерахунку) при визначенні Ni^{2+} -іону у вигляді NiO. $M(Ni^{2+}) = 58,69$ г/моль; $M(NiO) = 74,68$ г/моль.

- а) 0,7859; б) 0,3929;
в) 1,5717; г) 0,0105.

51. За якою формулою можна розрахувати практичний вміст води в кристалогідраті барій хлорид-вода(1/2)?

$$а) w(\%)(H_2O)_{\text{практ.}} = \frac{m(H_2O)_{\text{практ.}} \cdot 100\%}{m(BaCl_2 \cdot 2H_2O)_{\text{практ.}}};$$

$$\text{б) } w(\%)(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} = \frac{m(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} \cdot 100\%}{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}}};$$

$$\text{в) } w(\%)(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} = \frac{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} \cdot 100\%}{m(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}};$$

$$\text{г) } w(\%)(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} = \frac{m(\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}} \cdot 100\%}{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}}}.$$

52. Дрібнокристалічні осаді фільтрують через знезолені фільтри, що марковані:

- а) синьою стрічкою; б) білою стрічкою;
в) червоною стрічкою; г) чорною стрічкою.

53. Аморфні осаді фільтрують через знезолені фільтри, що марковані:

- а) синьою стрічкою; б) білою стрічкою;
в) червоною стрічкою; г) чорною стрічкою.

54. Обчисліть вологість речовини, якщо бюкс має масу 21,3450 г, бюкс з наважкою 21,8441 г, бюкс із висушеною наважкою 21,8023 г.

- а) 8,375%; б) 83,75%;
в) 3,85%; г) 38,53%.

55. Чутливість аналітичних терезів визначається:

- а) тангенсом кута, на який відхиляється стрілка терезів, при навантаженні в 1 мг на одну з шальок терезів;
б) косинусом кута, на який відхиляється стрілка терезів, при навантаженні в 1 мг на одну з шальок терезів;
в) синусом кута, на який відхиляється стрілка терезів, при навантаженні в 1 мг на одну з шальок терезів;
г) косинусом кута, на який відхиляється стрілка терезів, при навантаженні в 10 мг на одну з шальок терезів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5 ТИТРИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

ТЕМА 5.1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТИТРИМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

Суть титриметричного аналізу. Титрування, титрант. Точка еквівалентності і кінцева точка титрування. Основні операції титриметричного аналізу (приготування розчинів, титрування, розрахунки). Вимоги до реакцій у титриметричному аналізі (велика швидкість, необоротність, стехіометричність, наявність способу виявлення точки еквівалентності).

Класифікації методів титриметричного аналізу: за характером реакції, яка лежить в основі визначення (кислотно-основне титрування або протолітометрія, окисно-відновне титрування або оксредметрія, осаджувальне титрування, комплексометричне титрування); за способом титрування (пряме титрування, титрування залишку, титрування замісника); за способом виконання операцій (метод піпеткування, метод окремих наважок).

Кількісний склад розчинів у титриметричному аналізі (молярна концентрація речовини еквівалента, титр робочого розчину, титр робочого розчину за аналізованою речовиною). Залежність величини еквівалента і фактора еквівалентності від характеру реакції.

Стандартні розчини. Поділ стандартних розчинів за способом приготування: первинні стандартні розчини (розчини з приготовленим титром), вторинні стандартні розчини (стандартизовані, розчини з встановленим титром). Первинні стандартні речовини та вимоги до них. Поділ розчинів за призначенням (установчі, робочі). Поняття про стандарт-титри (фіксанали). Обчислення в титриметричному аналізі. Порівняння титриметричного і гравіметричного методів аналізу. Вимірювальний аналітичний посуд, перевірка ємності мірного посуду.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

56. У групі А вкажіть переваги, в групі Б – недоліки титриметричних методів аналізу при їх порівнянні з гравіметричним методом.

А

- а) висока чутливість;
- б) швидкість визначення;
- в) можливість використання різних хіміко-аналітичних властивостей речовини, зокрема, кислотно-основних, окисно-відновних, здатність до осадження і комплексоутворення;
- г) достатня чутливість;
- д) використовується при визначенні великої та малої кількості речовини;
- е) відносна простота операцій і обладнання.

Б

- а) тривалість визначень;
- б) за чутливістю дещо поступається порівняльному методу;
- в) не рекомендується використовувати даний метод для аналізу речовини, що визначають, з вмістом менше ніж 0,1%.

57. Розчин, який титрують, і титрант мають приблизно однакову нормальну концентрацію. Об'єм титранту складає

- а) 25,00 см³;
- б) 15,00 см³;
- в) 5,00 см³.

Об'єм краплі 0,04 см³. В якому випадку відносна величина крапельної похибки титрування буде найменшою?

58. Первинні стандартні речовини мають відповідати наступним вимогам:

- а) відповідати марці «ч.»;
- б) склад речовини має відповідати хімічній формулі;
- в) мати як можна більшу молярну масу речовини еквівалента;
- г) бути стійкою при зберіганні на повітрі і в розчині;
- д) відповідати марці «оч.».

59. В яких випадках необхідно стандартизувати робочі розчини?

- а) коли речовину робочого розчину неможна зважити з необхідною точністю;
- б) коли речовину робочого розчину неможливо достатньо очистити;
- в) коли речовина робочого розчину гігроскопічна;
- г) коли речовина робочого розчину в твердому вигляді або в розчині нестійка при зберіганні;
- д) коли речовина робочого розчину є кристалогідратом;
- е) коли робочий розчин має інтенсивне забарвлення.

60. Потрібно приготувати:

а) 100 см³ 0,1 н. розчину натрій тетраборату.

$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 381,4$ г/моль;

б) 100 см³ 0,1н. розчину натрій карбонату.

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106,0$ г/моль.

У якому випадку відносна похибка зважування буде меншою?

61. В групі Б вкажіть фактор еквівалентності речовини KMnO_4 як окисника для різних умов визначення, вказаних в групі А.

А

а) в лужному середовищі, де продуктом відновлення є MnO_4^{2-} ;

б) в кислому середовищі, де утворюється Mn^{2+} ;
 в) в нейтральному середовищі, де утворюється MnO_2 ;
 г) у присутності дигідрогендифосфат(V)-іону ($\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$),
 коли продуктом відновлення є сполука $\text{Mn}(\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7)_3^{3-}$.

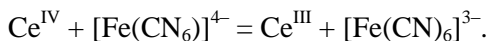
Б

а) 1; б) 1/4; в) 1/3; г) 1/5.

62. В групі Б вкажіть фактор еквівалентності речовини $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ відповідно до реакцій, що вказані в групі А.

А

1. Реакція, що проходить при стандартизації розчину церію (IV):



2. Реакція, що проходить при визначенні йонів Zn^{2+} методом осаджувального титрування:



Б

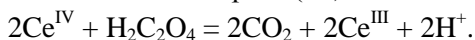
а) 1; б) 2; в) 1/2; г) 1/3 д) 1/4; е) 1/8.

63. Маємо 0,06000 М розчин оксалатної кислоти. В групі Б вкажіть нормальну концентрацію даного розчину у відповідності до реакцій, вказаних в групі А.

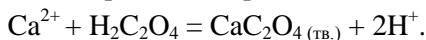
А

1. Реакція, що проходить при кислотно-основному титруванні, в якій беруть участь обидва протони.

2. Реакція взаємодії з церієм (IV):



3. Реакція, що проходить при визначенні Ca^{2+} :



$$в) c(f_{екв.}(A)A) = \frac{T(A/X) \cdot 1000}{M(f_{екв.}(X)X)};$$

$$г) c(f_{екв.}(A)A) = \frac{M(f_{екв.}(X)X) \cdot T(A/X)}{1000},$$

де $M(f_{екв.}(X)X)$ – молярна маса еквівалента речовини, що визначають;

$M(f_{екв.}(A)A)$ – молярна маса речовини еквівалента стандартного розчину.

67. Які формули для розрахунку титру правильні?

$$а) T(A) = \frac{c(f_{екв.}(A)A) \cdot M(f_{екв.}(A)A)}{1000};$$

$$б) T(A) = \frac{m(A)}{V(A_{розч.})};$$

$$в) T(A) = \frac{m(A) \cdot 1000}{M(f_{екв.}(A)A) \cdot V(A_{розч.})};$$

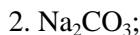
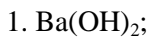
$$г) T(A/X) = \frac{T(A) \cdot M(f_{екв.}(X)X)}{M(f_{екв.}(A)A)};$$

$$д) T(A/X) = \frac{c(f_{екв.}(A)A) \cdot M(f_{екв.}(X)X)}{1000};$$

$$е) T(A/X) = \frac{T(A) \cdot M(f_{екв.}(A)A)}{M(f_{екв.}(X)X)}.$$

68. За якою з формул, наведених в групі Б, можна розрахувати титр 0,1000 н. розчину HCl за визначуваною речовиною X, вказаною в групі А?

А



Б

1. $\frac{0,1000 \cdot M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{1000}$;
2. $\frac{0,1000 \cdot 1000}{M(X)}$;
3. $\frac{0,1000 \cdot M(X)}{1000}$;
4. $\frac{0,1000 \cdot 1000}{M(f_{\text{екв.}}(X)X)}$.

69. Враховуючи погану розчинність натрій тетраборату та невелику молярну масу речовини еквівалента натрій карбонату, вкажіть, який із способів титрування 1) піпеткування або 2) спосіб окремих наважок необхідно застосовувати при стандартизації розчину хлоридної кислоти за:

- а) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; б) Na_2CO_3 ?

70. Які з наведених нижче формул для розрахунку вмісту визначуваної речовини ($m(X)$) в титриметричному аналізі вірні?

- а) $m(X) = \frac{c(f_{\text{екв.}}(A)A) \cdot V(A_{\text{розч.}}) \cdot M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{1000}$;
- б) $m(X) = \frac{c(f_{\text{екв.}}(A)A) \cdot V(A_{\text{розч.}}) \cdot M(f_{\text{екв.}}(A)A)}{1000}$;
- в) $m(X) = \frac{c(f_{\text{екв.}}(A)A)_{\text{теор}} \cdot K \cdot V(A_{\text{розч.}}) \cdot M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{1000}$;
- г) $m(X) = \frac{c(f_{\text{екв.}}(A)A)_{\text{теор}} \cdot K \cdot V(A_{\text{розч.}}) \cdot M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{1000} \cdot \frac{V_K}{V(X)}$;
- д) $m(X) = \frac{T(A) \cdot V(A_{\text{розч.}}) \cdot M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{M(f_{\text{екв.}}(A)A)}$;
- е) $m(X) = T(A/X) \cdot V(A_{\text{розч.}})$;
- є) $m(X) = T(A/X) \cdot V(A_{\text{розч.}}) \cdot \frac{V_K}{V(X)}$.

71. Як необхідно приготувати колби для титрування?

- а) промити водопровідною водою;
- б) промити дистильованою водою;
- в) промити водопровідною водою, а потім дистильованою водою;
- г) промити водопровідною водою, потім дистильованою водою, а потім розчином, який титрують.

72. Які вимоги ставлять до реакцій в титриметричному аналізі?

- а) достатньо велика швидкість;
- б) необоротність;
- в) стехіометричність;
- г) можливість фіксування точки еквівалентності.

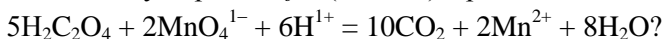
73. Титрування, яке засноване на перенесенні протонів у розчині від однієї речовини до іншої, називається:

- а) окисно-відновне;
- б) осаджувальне;
- в) кислотно-основне;
- г) комплексометричне.

74. Виберіть формулу для обчислення молярної маси речовини еквівалента $M(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X})$:

- а) $M(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) = f_{\text{екв.}}(\text{X}) \cdot m(\text{X})$;
- б) $M(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) = \frac{f_{\text{екв.}}(\text{X})}{m(\text{X})}$;
- в) $M(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) = \frac{f_{\text{екв.}}(\text{X})}{M(\text{X})}$;
- г) $M(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) = f_{\text{екв.}}(\text{X}) \cdot M(\text{X})$.

75. Вкажіть, чому дорівнює $f_{\text{екв.}}(\text{KMnO}_4)$ в реакції:



- а) 1; б) $\frac{1}{2}$; в) $\frac{1}{5}$; г) $\frac{1}{3}$.

76. У мірній колбі місткістю 200,0 см³ приготували розчин з наважки динатрій тетраборату(1/10) масою 2,6113 г. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента динатрій тетраборату(1/10) у приготовленому розчині. $M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 381,37$ г/моль.

- а) 0,07000 моль/дм³; б) 0,06847 моль/дм³;
в) 0,7000 моль/дм³; г) 0,6847 моль/дм³.

77. Яку наважку оксалатної кислоти ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) потрібно взяти, щоб на її титрування витрачалося 20,00 см³ 0,1000 М розчину NaOH? $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126,07$ г/моль.

- а) 0,1300 г; б) 0,1261 г;
в) 0,1000 г; г) 0,1396 г.

78. За способами титрування розрізняють:

- а) пряме титрування;
б) обернене титрування;
в) титрування замісника;
г) титрування методом піпеткування;
д) титрування методом окремих наважок.

79. Титрування що ґрунтується на перенесенні одного або декількох електронів від однієї речовини до іншої називається:

- а) окисно-відновне;
б) осаджувальне;
в) кислотно-основне;
г) комплексометричне.

80. Вкажіть формулу, яка пов'язує молярну концентрацію речовини X у розчині $c(X)$ з молярною концентрацією речовини еквівалента $c(f_{\text{екв.}}(X)X)$:

$$\begin{aligned} \text{а) } c(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) &= \frac{f_{\text{екв.}}(\text{X})}{c(\text{X})}; \\ \text{б) } c(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) &= \frac{c(\text{X})}{f_{\text{екв.}}(\text{X})}; \\ \text{в) } c(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) &= f_{\text{екв.}}(\text{X}) \cdot c(\text{X}); \\ \text{г) } c(f_{\text{екв.}}(\text{X})\text{X}) &= \frac{f_{\text{екв.}}(\text{X}) \cdot c(\text{X})}{1000}. \end{aligned}$$

81. Вкажіть чому дорівнює $f_{\text{екв.}}(\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2])$ в реакції:



$$\text{а) } 1; \quad \text{б) } \frac{1}{2}; \quad \text{в) } \frac{1}{5}; \quad \text{г) } \frac{1}{3}.$$

82. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента сульфатної кислоти в розчині, титр якого дорівнює $0,02446 \text{ г/см}^3$. $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ г/моль}$.

$$\begin{aligned} \text{а) } 0,2494 \text{ моль/дм}^3; & \quad \text{б) } 0,4988 \text{ моль/дм}^3; \\ \text{в) } 0,4912 \text{ моль/дм}^3; & \quad \text{г) } 0,9976 \text{ моль/дм}^3. \end{aligned}$$

83. У мірній колбі місткістю $250,0 \text{ см}^3$ приготували розчин з наважки натрій карбонату масою $2,5000 \text{ г}$. Обчислити титр приготовленого розчину натрій карбонату.

$$\begin{aligned} \text{а) } 0,1000 \text{ г/см}^3; & \quad \text{б) } 0,01000 \text{ г/см}^3; \\ \text{б) } 0,1 \text{ г/см}^3; & \quad \text{г) } 0,01 \text{ г/см}^3. \end{aligned}$$

84. Фіксанали (стандарт-титри) використовують для приготування:

а) 1 дм^3 розчину з молярною концентрацією речовини еквівалента у розчині 1 моль/дм^3 ;

б) 1 дм^3 розчину з молярною концентрацією речовини еквівалента у розчині $0,1 \text{ моль/см}^3$;

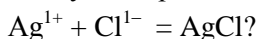
в) 1 дм^3 розчину з молярною концентрацією речовини еквівалента у розчині $0,1000 \text{ моль/дм}^3$;

г) 1 дм³ розчину з молярною концентрацією речовини у розчині 1 моль/дм³.

85. В залежності від способу відбору наважки для титрування розрізняють:

- а) пряме титрування;
- б) метод піпеткування;
- в) титрування замісника;
- г) метод окремих наважок.

86. Титрування якого типу відображає дане рівняння:

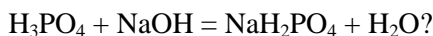


- а) окисно-відновне;
- б) осаджувальне;
- в) комплексометричне;
- г) кислотно-основне.

87. Закон хімічних еквівалентів має вигляд:

- а) $\frac{m(X)}{m(A)} = \frac{M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{M(f_{\text{екв.}}(A)A)}$;
- б) $n(X) = n(A)$;
- в) $c(X) \cdot V(X) = c(A) \cdot V(A)$;
- г) $\frac{V(X)}{V(A)} = \frac{M(f_{\text{екв.}}(X)X)}{M(f_{\text{екв.}}(A)A)}$.

88. Вкажіть, чому дорівнює $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4)$ в реакції:



- а) 1;
- б) $\frac{1}{2}$;
- в) $\frac{1}{3}$.

89. У мірній колбі місткістю 100,0 см³ приготували розчин з наважки натрій хлориду масою 3,2816 г. Обчислити титр отриманого розчину.

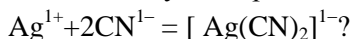
- а) 0,03 г/см³;
- б) 0,03282 г/см³;
- в) 0,033 г/см³;
- г) 0,003282 г/см³.

90. Первинний стандартний розчин в основному використовують:

- а) для встановлення концентрації титранту;
- б) для визначення вмісту визначуваної речовини;
- в) як титрант.

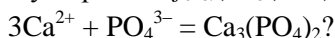
91. Як класифікують методи титриметричного аналізу?
- а) за типом аналітичної реакції;
 - б) за природою речовини, яку аналізують;
 - в) в залежності від способу відбору наважки для титрування;
 - г) за способом титрування.

92. Титрування якого типу відображає дане рівняння:



- а) комплексонометричне; б) кислотно-основне;
- в) осаджувальне; г) комплексометричне.

93. Визначити, чому дорівнює $f_{\text{екв.}}$ ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) в реакції:



- а) 1; б) $\frac{1}{2}$; в) $\frac{1}{6}$; г) $\frac{1}{3}$.

94. У мірній колбі місткістю $250,0 \text{ см}^3$ приготували розчин з наважки оксалатної кислоти ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) масою $0,8615 \text{ г}$. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента приготовленого розчину оксалатної кислоти.
 $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126,07 \text{ г/моль}$.

- а) $0,5468 \text{ моль/дм}^3$; б) $0,1093 \text{ моль/дм}^3$;
- в) $0,02734 \text{ моль/дм}^3$; г) $0,05468 \text{ моль/дм}^3$.

95. Обчислити титр стандартного розчину нітратної кислоти з молярною концентрацією речовини HNO_3 $0,1000 \text{ моль/дм}^3$.
 $M(\text{HNO}_3) = 63,01 \text{ г/моль}$.

- а) $0,06301 \text{ г/см}^3$; б) $0,0063 \text{ г/см}^3$;
- в) $0,006301 \text{ г/см}^3$; г) $0,004428 \text{ г/см}^3$.

ТЕМА 5.2. МЕТОДИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ТИТРУВАННЯ

Сутність кислотно-основного титрування. Основна реакція методу. Види кислотно-основного титрування (ацидиметрія, алкаліметрія). Робочі розчини в кислотно-основному титруванні; стандартні речовини.

Криві титрування. Розрахунки та побудова теоретичних кривих кислотно-основного титрування (титрування сильної кислоти сильною основою або навпаки; титрування слабкої кислоти сильною основою або навпаки; титрування слабкої основи сильною кислотою). Стрибок титрування. Залежність стрибка титрування від концентрації кислот і основ, температури, константи дисоціації слабкої кислоти (основи).

Індикатори в кислотно-основному титруванні. Йонна, хромофорна, йонно-хромофорна теорії індикаторів. Інтервал переходу індикатора, показник титрування (рТ). Вибір індикаторів для конкретних випадків титрування. Індикаторні похибки титрування.

Титрування багатоосновних кислот (на прикладі сульфатної, фосфатної і тартратної кислот) та суміші кислот (на прикладі хлоридної і ацетатної кислот).

Титрування солей.

Використання кислотно-основного титрування в хімічному аналізі. Аналіз кислот (хлоридної, сульфатної, фосфатної, ацетатної, тартратної, карбонатної), аналіз основ. Аналіз суміші натрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату; суміші натрій карбонату і натрій гідроксиду. Визначення твердості води. Визначення Нітрогену за методом К'ельдаля і солей амонію методом зворотного титрування та титруванням замісника.

Титрування в неводних середовищах.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

96. Які розчини речовин, що наведені нижче, використовуються як робочі розчини в кислотно-основному титруванні?

- а) HCl ; б) H_2SO_4 ; в) H_3PO_4 ; г) NH_4OH ;
д) NaOH ; е) KOH ; є) $\text{Ba}(\text{OH})_2$; ж) Na_2CO_3 ;
з) CH_3COOH ; і) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

97. Які речовини, вказані в групі Б, використовують як первинні стандартні речовини для стандартизації робочих розчинів групи А?

А

- а) HCl ; б) NaOH ; в) KOH ; г) H_2SO_4 .

Б

- а) Na_2CO_3 ; б) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в) HgO ;
г) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; д) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$; е) AgNO_3 ;
є) $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ ж) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; з) BaCl_2 ;
и) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; і) $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$; ї) KIO_3 .

98. Незалежно від того, що титрують, сильну чи слабку кислоту, титрантом завжди є:

- а) сильна кислота; б) слабка кислота;
в) сильна основа; г) розчин $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

99. Розрахувати наважку «х.ч.» натрій гідроксиду, яку потрібно взяти для приготування 0,05 М розчину об'ємом 2,00 дм³. $M(\text{NaOH}) = 40,00$ г/моль.

- а) 4 г; б) 4,0000 г;
в) 4,00 г; г) 3,997 г.

100. Метод кислотно-основного титрування, при якому як титрант використовується стандартний розчин сильної кислоти, називається:

- а) ацидиметрія;
- б) редоксметрія;
- в) алкаліметрія;
- г) кислотне титрування.

101. Титрують сильну кислоту сильною основою. За якою з наведених в групі Б формул розраховують рН для випадків титрування, наведених в групі А?

А

- а) до початку титрування;
- б) під час титрування, до досягнення точки еквівалентності;
- в) в точці еквівалентності;
- г) після точки еквівалентності.

Б

- а) $\text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}}$;
- б) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$;
- в) $\text{pH} = -1/2\lg K_w$;
- г) $\text{pH} = -\lg K_w - \text{pOH}$;
- д) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$.

102. Титрують слабку одноосновну кислоту сильною основою. За якою з наведених в групі Б формул розраховують рН для випадків титрування, вказаних в групі А?

А

- а) до початку титрування;
- б) під час титрування, до досягнення точки еквівалентності;
- в) коли відтитровано 50% кислоти;
- г) в точці еквівалентності;
- д) після точки еквівалентності.

Б

а) $pH = pK_{\text{кисл.}}$;

б) $pH = -\lg K_w + \lg c_{\text{осн.}}$;

в) $pH = pK_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі}}}$;

г) $pH = \frac{1}{2} pK_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}$;

д) $pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}}$;

е) $pH = -\lg K_w - pK_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{солі}}}$;

є) $pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}}$

103. При якому значенні константи йонізації 0,1 н. розчину слабкої одноосновної кислоти зникає стрибок титрування на кривій титрування 0,1 н. розчином сильної основи?

а) 10^{-7} ;

б) 10^{-9} ;

в) 10^{-5} ;

г) 10^{-10} .

104. При титруванні якої кислоти буде спостерігатись найбільший стрибок на кривій титрування її розчином сильної основи?

а) CH_3COOH ($K = 1,74 \cdot 10^{-5}$);

б) НСOOH ($K = 1,8 \cdot 10^{-4}$);

в) НСN ($K = 5,0 \cdot 10^{-10}$);

г) HF ($K = 6,2 \cdot 10^{-4}$).

105. Титрують слабку основу сильною кислотою. За якою з наведених в групі Б формул розраховують рН для випадків титрування, вказаних в групі А?

А

- а) до початку титрування;
- б) під час титрування, до досягнення точки еквівалентності;
- в) коли відтитровано 50% основи;
- г) в точці еквівалентності;
- д) після точки еквівалентності.

Б

- а) $\text{pH} = \text{p}K_w - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{соли}}}$;
- б) $\text{pH} = \text{p}K_{\text{осн.}}$;
- в) $\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{соли.}}$;
- г) $\text{pH} = \text{p}K_w - \text{p}K_{\text{осн.}}$;
- д) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$.

106. Від яких факторів залежить положення точки еквівалентності на кривих кислотно-основного титрування?

- а) від температури розчинів;
- б) від вибору індикатора;
- в) від швидкості титрування;
- г) від концентрації розчинів;
- д) від природи речовини, яку титрують, і від природи титранта.

107. При титруванні якої кислоти розчином натрій гідроксиду точка еквівалентності співпадає з точкою нейтральності?

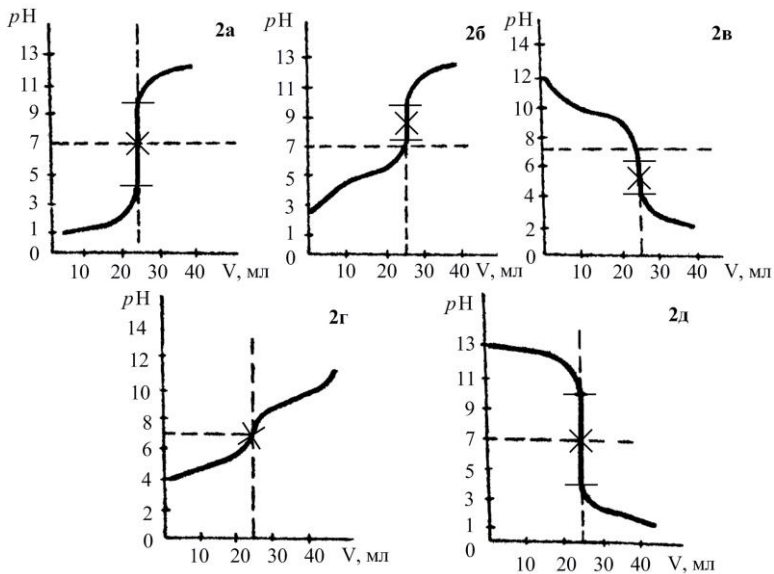
- а) H_3PO_4 ; б) HCl ; в) H_2SO_4 ; г) CH_3COOH .

108. В групі Б знайдіть криві, які відповідають процесам титрування, вказаним в групі А?

А

- а) слабка основа титрується сильною кислотою;
- б) слабка кислота титрується сильною основою;
- в) слабка кислота титрується слабкою основою;
- г) сильна основа титрується сильною кислотою;
- д) сильна кислота титрується сильною основою.

Б



Криві кислото-основного титрування

109. Якими формулами групи Б слід користуватись при обчисленні pH сумішей розчинів групи А?

А

- а) $100 \text{ см}^3 0,1 \text{ M HCl} + 25 \text{ см}^3 0,2 \text{ M NaOH}$;
- б) $100 \text{ см}^3 0,2 \text{ M NaOH} + 75 \text{ см}^3 0,1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$;

- в) $100 \text{ см}^3 0,1 \text{ M NaOH} + 75 \text{ см}^3 0,2 \text{ M CH}_3\text{COOH}$;
 г) $100 \text{ см}^3 0,2 \text{ M HCl} + 75 \text{ см}^3 0,1 \text{ M NaOH}$;
 д) $75 \text{ см}^3 0,2 \text{ M NH}_4\text{OH} + 100 \text{ см}^3 0,1 \text{ M HCl}$.

Б

а) $\text{pH} = \text{p}K_w - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{соли}}}$;

б) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$;

в) $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}$;

г) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$.

110. рН розчину в точці еквівалентності дорівнює 7 при титруванні:

- а) сильної кислоти сильною основою;
 б) слабкої кислоти сильною основою;
 в) сильної основи сильною кислотою;
 г) слабкої основи сильною кислотою.

111. Вказати, яке середовище відповідає точці еквівалентності при титруванні розчину динатрій тетраборату хлоридною кислотою?

- а) нейтральне; б) кисле;
 в) слабколужне; г) лужне.

112. При титруванні сильної одноосновної кислоти сильною основою рН розчину до початку титрування визначається за формулою:

а) $\text{pH} = \text{p}K_w - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{соли}}}$; б) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$;

в) $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_w$; г) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$.

113. При титруванні сильної кислоти сильною основою рН розчину в точці еквівалентності визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{солі.}}}; \quad \text{б) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{w}}; \quad \text{г) } \text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$$

114. При титруванні слабкої кислоти сильною основою рН розчину після точки еквівалентності визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}; \quad \text{б) } \text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{солі.}}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}; \quad \text{г) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі.}}}$$

115. При титруванні сильної основи рН розчину до початку титрування визначається за формулою

$$\text{а) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі.}}}; \quad \text{б) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{w}}; \quad \text{г) } \text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$$

116. При титруванні сильної основи сильною кислотою рН розчину в точці еквівалентності визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі.}}}; \quad \text{б) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{w}}; \quad \text{г) } \text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$$

117. При титруванні сильної основи сильною кислотою рН розчину після точки еквівалентності визначається за формулою:

а) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$; б) $\text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{солі}}}$;

в) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$; г) $\text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі}}}$.

118. Знайти значення рН у розчині, якщо до 20,00 см³ 0,1 М розчину хлоридної кислоти додали 20,00 см³ 0,1 М розчину натрій гідроксиду.

а) 1,0;

б) 2,30;

в) 4,3;

г) 7,0.

119. Коли починається стрибок титрування?

а) коли до розчину, концентрацію якого визначають, додають еквівалентну кількість титранту;

б) коли до розчину, концентрацію якого визначають, додають 0,1% надлишку титранту;

в) коли не відтитровано 0,1% кількості речовини розчину, який титрують.

120. рН розчину в точці еквівалентності менше 7 при титруванні:

а) сильної кислоти сильною основою;

б) слабкої кислоти сильною основою;

в) слабкої основи сильною кислотою;

г) сильної основи сильною кислотою.

121. При титруванні слабкої одноосновної кислоти, рН розчину до початку титрування визначається за формулою:

а) $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}$;

б) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$;

в) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$;

$$\text{г) } \text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{C_{\text{осн.}}}{C_{\text{сол.}}}$$

122. При титруванні слабкої основи сильною кислотою рН розчину в точці еквівалентності визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{C_{\text{кисл.}}}{C_{\text{сол.}}};$$

$$\text{б) } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{сол.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{сол.}};$$

$$\text{г) } \text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{C_{\text{осн.}}}{C_{\text{сол.}}}$$

123. Знайти значення рН у розчині, якщо до 20,00 см³ 0,1 М розчину ацетатної кислоти додали 20,00 см³ 0,1 М розчину натрій гідроксиду. $\text{p}K(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76$.

а) 8,73;

б) 4,76;

в) 8,00;

г) 5,27.

124. Знайти значення рН у розчині, якщо до 20,00 см³ 0,1 М розчину амоній гідроксиду додали 22,00 см³ 0,1 М розчину хлоридної кислоти.

а) 3,61;

б) 4,21;

в) 2,32;

г) 3,22.

125. Точка на кривій титрування слабкої кислоти сильною основою, коли відтитровано 50% слабкої кислоти, називається:

а) кінцевою точкою титрування;

б) початком стрибка титрування;

в) кінцем стрибка титрування;

г) точкою максимальної буферної ємності системи.

126. pH розчину в точці еквівалентності більше 7 при титруванні:

- а) сильної кислоти сильною основою;
- б) слабкої кислоти сильною основою;
- в) слабкої основи сильною кислотою;
- г) сильної основи сильною кислотою.

127. При титруванні слабкої основи pH розчину до початку титрування визначається за формулою:

а) $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}};$

б) $\text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{солі}}};$

в) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}};$

г) $\text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{осн.}}.$

128. Розрахувати pH в точці на кривій титрування, якщо до 20,00 см³ 0,1 М розчину амоній гідроксиду додали 10,00 см³ 0,1 М розчину хлоридної кислоти. pK(NH₄OH) = 4,76.

- | | |
|-----------|----------|
| а) 4,76; | б) 8,24; |
| в) 10,24; | г) 9,24. |

129. При титруванні слабкої кислоти сильною основою pH розчину в точці еквівалентності визначається за формулою:

а) $\text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі}}};$

б) $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі}};$

в) $\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі}};$

г) $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{w}}.$

130. Симетричними кривими кислотно-основного титрування є:

- а) крива титрування сильної кислоти слабкою основою;
- б) крива титрування сильної кислоти сильною основою;
- в) крива титрування слабкої кислоти сильною основою;
- г) крива титрування сильної основи сильною кислотою.

131. При титруванні слабкої основи сильною одноосновною кислотою рН розчину після точки еквівалентності визначається за формулою:

- а) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$;
- б) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$;
- в) $\text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{осн.}} + \lg \frac{c_{\text{осн.}}}{c_{\text{сол.}}}$;
- г) $\text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл.}} - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{сол.}}}$.

132. Яку формулу для розрахунку рН у розчині слід використовувати, якщо до 20,00 см³ 0,1 М розчину ацетатної кислоти додали 10,00 см³ 0,1 М розчину натрій гідроксиду?

- а) $\text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}}$;
- б) $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K(\text{CH}_3\text{COOH}) - \frac{1}{2} \lg c(\text{CH}_3\text{COOH})$;
- в) $\text{pH} = \text{p}K(\text{CH}_3\text{COOH}) - \lg \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{CH}_3\text{COONa})}$;
- г) $\text{pH} = 14 + \lg c_{\text{осн.}}$.

133. Розрахувати рН розчину, якщо до 50,00 см³ 0,1 М розчину форміатної кислоти додали 40,00 см³ 0,1 М розчину натрій гідроксиду. $\text{p}K(\text{НСООН}) = 3,76$.

- а) 4,36;
- б) 2,86;
- в) 5,11;
- г) 3,16.

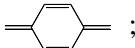
134. Розрахувати рН розчину, якщо до 10,00 см³ 0,2 М розчину ацетатної кислоти додали 10,00 см³ 0,2 М розчину натрій гідроксиду. $\text{p}K(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76$.

- а) 5,12; б) 9,38;
- в) 9,03; г) 8,88.

135. Відповідно до йонної теорії В. Оствальда кислотно-основні індикатори є:

- а) слабкі органічні кислоти і основи, що містять хромофорне групування;
- б) слабкі органічні кислоти або основи, зміна забарвлення яких пов'язана зі зміщенням рівноваги дисоціації індикаторів (при зміні рН);
- в) слабкі органічні кислоти або основи, що змінюють своє забарвлення в залежності від рН середовища внаслідок внутрішньомолекулярного перегрупування;
- г) гетерофункціональні сполуки.

136. Вкажіть, які групування атомів є хромофорними, а які аукохромними?

- | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------|
| а) $-\text{OH}$; | б) $-\text{N}=\text{O}$; | в) $=\text{C}=\text{S}$; |
| г)  ; | д) $-\text{OCH}_3$; | е) $-\text{N}=\text{N}-$; |
| є) $-\text{OC}_2\text{H}_5$; | ж) $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$; | з) $-\text{NH}_2$. |

137. Що є причиною виникнення малинового забарвлення розчину фенолфталеїну з позиції хромофорної теорії індикаторів?

- а) зміщення рівноваги дисоціації індикатора-кислоти вліво;
- б) зміщення рівноваги дисоціації індикатора-кислоти і рівноваги таутомерного перетворення індикатора вправо при зміні рН середовища;
- в) зникнення хромофорної групи, при перегрупуванні атомів в молекулі індикатора при зміні рН середовища;

г) утворення хромофорної групи при перегрупуванні атомів в молекулі індикатора при зміні рН середовища.

138. Яке визначення найбільш повно характеризує кислотно-основні індикатори і причину зміни їх забарвлення відповідно йонно-хромофорної теорії?

а) забарвлені органічні кислоти або основи, що змінюють своє забарвлення в залежності від рН середовища;

б) слабкі органічні кислоти і основи, що містять хромофорне групування;

в) слабкі органічні кислоти або основи, що змінюють своє забарвлення в залежності від рН середовища внаслідок внутрішньомолекулярного перегрупування;

г) слабкі органічні кислоти або основи, зміна забарвлення яких пов'язана зі зміщенням рівноваги дисоціації індикаторів (при зміні рН), що супроводжується зміною структури індикаторів з появою або зникненням хромофорних груп, або з заміною одних хромофорних груп іншими.

139. Яким вимогам повинні задовольняти кислотно-основні індикатори?

а) кислотна і основна форма повинні значно відрізнятися за забарвленням;

б) зміна забарвлення повинна бути необоротною;

в) зміна забарвлення повинна бути оборотною;

г) інтервал переходу повинен бути по можливості вузьким;

д) інтервал переходу повинен бути якомога більшим.

140. Зазначити інтервал переходу метилового оранжевого:

а) $3,1 \div 4,4$;

б) $4,2 \div 6,2$;

в) $8,2 \div 10,2$;

г) $5,0 \div 8,0$.

141. Вказати забарвлення індикатора метилового оранжевого при рН, рівному 7.
- а) безбарвний; б) рожевий;
в) червоний; г) жовтий.
142. Вказати, який індикатор необхідно застосовувати при титруванні амоній гідроксиду хлоридною кислотою?
- а) метиловий оранжевий; б) фероїн;
в) фенолфталеїн; г) дифеніламін.
143. рН розчину в точці еквівалентності дорівнює 8,8. Вказати, який індикатор необхідно взяти для титрування?
- а) фенолфталеїн;
б) лакмус;
в) метиловий оранжевий;
г) метиловий червоний.
144. Обчислити нормальну концентрацію розчину H_2SO_4 , титр якого дорівнює $0,01223 \text{ г/см}^3$. $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ г/моль}$.
- а) $0,02494 \text{ моль/дм}^3$; б) $0,25 \text{ моль/дм}^3$;
в) $0,2494 \text{ моль/дм}^3$; г) $0,1247 \text{ моль/дм}^3$.
145. Вказати, який з кислотно-основних індикаторів належить до однокольорових?
- а) метиловий оранжевий; б) лакмус;
в) метиловий червоний; г) фенолфталеїн.
146. Зазначити інтервал переходу метилового червоного:
- а) $3,1 \div 4,4$; б) $4,2 \div 6,2$;
в) $8,2 \div 10,2$; г) $5,0 \div 8,0$.
147. Проводячи візуальне спостереження під час титрування, метиловий оранжевий можливо використовувати:
- а) при титруванні сильної кислоти сильною основою;

- б) при титруванні сильної основи сильною кислотою;
- в) при титруванні слабкої кислоти сильною основою;
- г) при титруванні слабкої основи сильною кислотою.

148. Розрахувати рН розчину, якщо до 20,00 см³ 0,2 М розчину амоній гідроксиду додали 15,00 см³ 0,2 М розчину хлоридної кислоти. $pK(\text{NH}_4\text{OH}) = 4,76$.

- а) 4,28;
- б) 8,76;
- в) 5,24;
- г) 9,72.

149. Які індикатори групи Б можна використати для випадків титрування, наведених в групі А?

А

- а) 0,1 М НСІ + 0,1 М NaOH;
- б) 0,1 М CH₃COOH + 0,1 М NaOH;
- в) 0,1 М NH₄OH + 0,1 М НСІ;
- г) 0,01 М НСІ + 0,01 М NaOH;
- д) 1,0 М НСІ + 1,0 М NaOH.

Б

- а) метиловий оранжевий (рТ = 4,0);
- б) метиловий червоний (рТ = 5,5);
- в) фенолфталеїн (рТ = 9,0).

150. Знайти титр розчину сульфатної кислоти з молярною концентрацією речовини еквівалента 0,2000 моль/дм³. $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08$ г/моль.

- а) 0,01962 г/см³;
- б) 0,003923 г/см³;
- в) 0,009808 г/см³;
- г) 0,004904 г/см³.

151. Який вигляд має вираз для обчислення інтервалу переходу забарвлення індикатора кислоти:

$$\text{a) } K(\text{HInd}) = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{Ind}^-]}{[\text{HInd}]};$$

$$\text{б) } \text{pH} = \text{p}K(\text{HInd}) - \lg \frac{[\text{HInd}^{\text{B}}]}{[\text{Ind}^-]};$$

$$\text{в) } \Delta \text{pH} = \text{p}K(\text{HInd}) \pm 1;$$

$$\text{г) } \text{pH} = -\lg[\text{H}^{1+}].$$

152. Зазначити інтервал переходу індикатора лакмуса:

$$\text{a) } 3,1 \div 4,4;$$

$$\text{б) } 4,2 \div 6,2;$$

$$\text{в) } 8,2 \div 10,2;$$

$$\text{г) } 5,0 \div 8,0.$$

153. Індикаторна похибка вважається допустимою, якщо вона не перевищує:

$$\text{a) } 0,01\%;$$

$$\text{б) } 0,2\%;$$

$$\text{в) } 0,1\%;$$

$$\text{г) } 0,02\%.$$

154. Титр розчину калій гідроксиду дорівнює $0,005727 \text{ г/см}^3$. Обчислити титр розчину калій гідроксиду за сульфатною кислотою. $M(\text{KOH}) = 56,11 \text{ г/моль}$;
 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ г/моль}$.

$$\text{a) } 0,05005 \text{ г/см}^3;$$

$$\text{б) } 0,005005 \text{ г/см}^3;$$

$$\text{в) } 0,01010 \text{ г/см}^3;$$

$$\text{г) } 0,006526 \text{ г/см}^3.$$

155. Вкажіть інтервал переходу індикатора фенолфталеїну:

$$\text{a) } 3,1 \div 4,4;$$

$$\text{б) } 4,2 \div 6,2;$$

$$\text{в) } 8,2 \div 10,2;$$

$$\text{г) } 5,0 \div 8,0.$$

156. При титруванні слабкої кислоти сильною основою для фіксування точки еквівалентності необхідно використовувати індикатор:

а) фенолфталеїн;

б) метиловий червоний;

в) метиловий оранжевий;

г) фероїн.

157. При якому співвідношенні двох форм індикатору ми спостерігаємо забарвлення: 1) кислотної форми, 2) лужної форми, 3) перехідне забарвлення?

$$\text{а) } \frac{C_{\text{кисл.ф.}}}{C_{\text{луж.ф.}}} \leq \frac{1}{10}; \quad \text{б) } \frac{C_{\text{кисл.ф.}}}{C_{\text{луж.ф.}}} \geq 10;$$

$$\text{в) } \frac{C_{\text{кисл.ф.}}}{C_{\text{луж.ф.}}} < 10; \quad \text{г) } \frac{C_{\text{кисл.ф.}}}{C_{\text{луж.ф.}}} > \frac{1}{10}.$$

158. Для індикаторів групи А вкажіть в групі Б зміну забарвлення при переході від кислотної форми до лужної, а в групі В – інтервал переходу.

А

- а) фенолфталеїн; б) лакмус;
в) метиловий оранжевий; г) метиловий червоний.

Б

- а) червоний – оранжево-жовтий;
б) червоний – жовтий;
в) безбарвний – малиновий;
г) жовтий – червоний;
д) червоний – синій;
е) червоний – безбарвний.

В

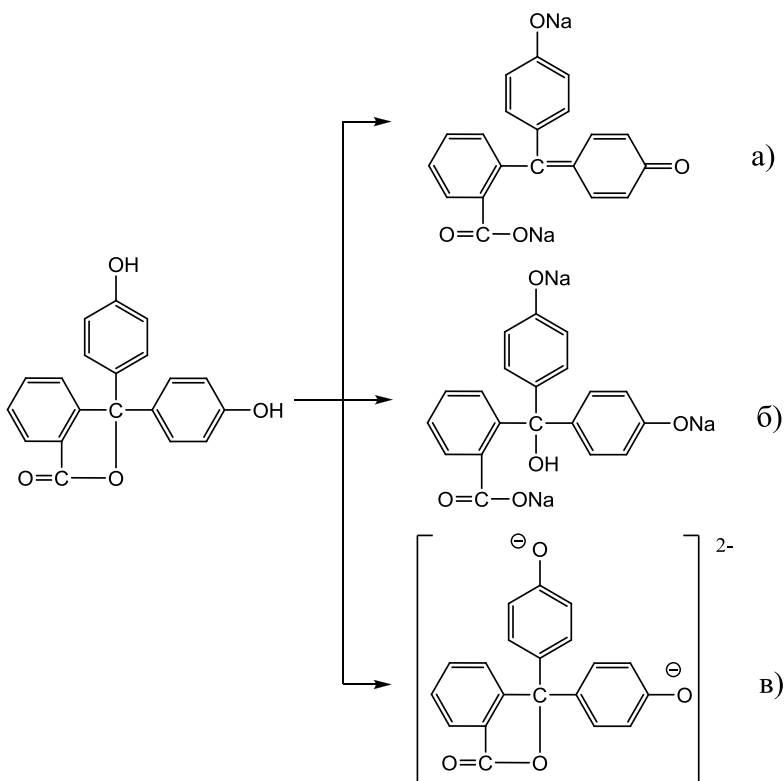
- а) 4,2 – 6,2; б) 8,2 – 10,0;
в) 5,0 – 8,0; г) 3,1 – 4,4.

159. Які з перерахованих факторів впливають на показники індикаторів кислотно-основного титрування?

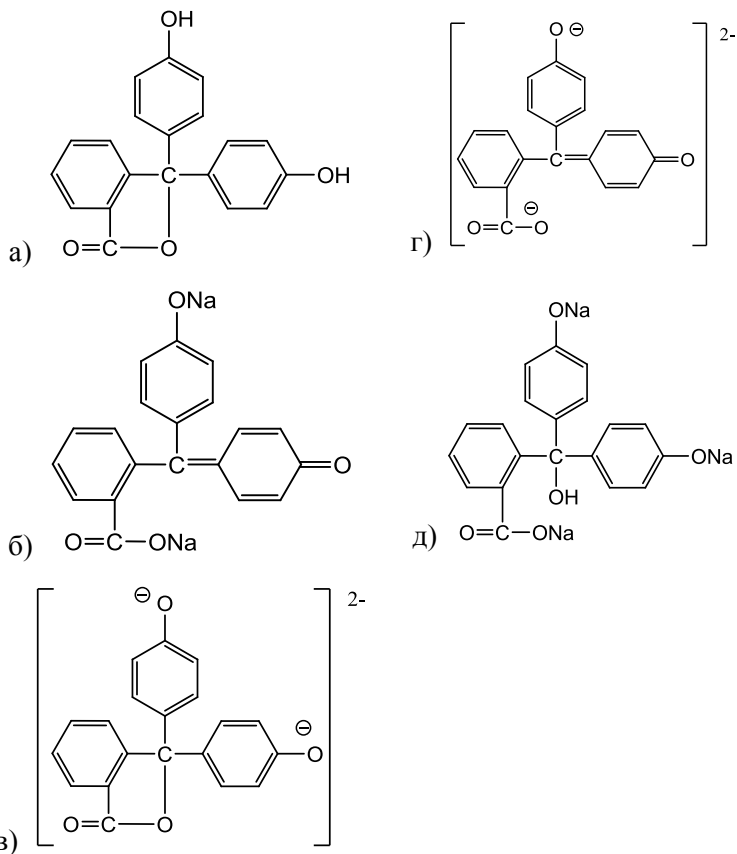
- а) температура;
б) присутність органічних розчинників;

- в) присутність солей;
- г) присутність білків і колоїдів;
- д) концентрація індикатора;
- е) концентрація титранту;
- є) порядок титрування;
- ж) рН в точці еквівалентності.

160. Які структурні зміни відбуваються в молекулі фенолфталеїну при рН 8,2 – 10,0?



161. Утворенням якої сполуки можна пояснити знебарвлення малинового кольору фенолфталеїну в сильно лужних середовищах (рН ≈ 13 – 14)?



162. Яке забарвлення, вказане в групі Б, має метиловий оранжевий при значеннях рН розчину, вказаних в групі А?

- А
- а) 1,0; б) 3,4; в) 4,2; г) 7,0.

Б

- а) червоне;
- б) оранжево-червоне;
- в) червоно-оранжеве;
- г) оранжево-жовте.

163. Який принцип використовується при виборі індикатора в кислотно-основному титруванні?

а) інтервал переходу індикатора має бути рівним стрибку титрування;

б) показник титрування індикатора (pT) повинен бути по можливості ближчим до значення pH в точці еквівалентності;

в) необхідно, щоб pT індикатора співпадав зі значенням pH в точці еквівалентності;

г) для титрування можна використовувати лише ті індикатори, інтервал переходу яких хоч би частково входить в межі стрибка pH на кривій титрування.

164. В кінцевій точці титрування в розчині міститься:

- а) надлишок гідроксид- іонів;
- б) надлишок йонів гідроксонію;
- в) надлишок слабкої кислоти;
- г) надлишок слабкої основи.

Яка з індикаторних похибок має місце?

- а) гідрогенна;
- б) гідроксидна;
- в) кислотна;
- г) основна.

165. Маємо три кислотно-основних індикатори:

- 1) метиловий оранжевий ($pT = 4,0$),
- 2) метиловий червоний ($pT = 5,5$),
- 3) фенолфталеїн ($pT = 9,0$).

Який з цих індикаторів буде фіксувати з найменшою похибкою точку еквівалентності при титруванні

0,1 M розчину хлоридної кислоти 0,1 M розчином натрій гідроксиду?

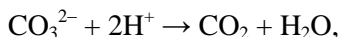
166. Водний розчин магній оксиду в основному є суспензією магній гідроксиду. Який із способів визначення вмісту магній гідроксиду в цьому розчині є переважним?

а) пряме титрування стандартним розчином кислоти.

б) обернене титрування, засноване на додаванні надлишку стандартного розчину кислоти з подальшим титруванням кислоти, яка не прореагувала, стандартним розчином лугу;

в) титрування замісника.

167. При стандартизації розчину сульфатної кислоти за натрій карбонатом на титрування 10,00 см³ розчину натрій карбонату з титром 0,005300 г/см³ використано 20,00 см³ розчину сульфатної кислоти. Беручи до уваги, що реакція проходить за рівнянням:



визначити титр розчину сульфатної кислоти.

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08$ г/моль; $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106,0$ г/моль.

а) 0,004904; б) 0,002452; в) 0,05000.

168. Розрахунок рН початкової ділянки кривої титрування суміші сильної і слабкої кислот ($K = 1 \cdot 10^{-4}$) проводять за:

а) концентрацією H^+ , утворених при дисоціації розчинника;

б) концентрацією H^+ , утворених при дисоціації слабкої кислоти;

в) концентрацією H^+ , утворених при дисоціації сильної кислоти;

г) загальною концентрацією H^+ , утворених при дисоціації суміші слабкої кислоти та розчинника.

169. При титруванні суміші слабкої ($K = 1 \cdot 10^{-4}$) та сильної кислот рН в першій точці еквівалентності визначають:

а) за концентрацією H^{1+} , утворених при дисоціації розчинника;

б) за концентрацією H^{1+} , утворених при дисоціації слабкої кислоти;

в) за концентрацією H^{1+} , утворених при дисоціації сильної кислоти.

170. При титруванні суміші слабкої ($K = 1 \cdot 10^{-4}$) та сильної кислот в другій точці еквівалентності утворюється:

а) середня сіль, внаслідок відтитрування слабкої кислоти;

б) середня сіль, внаслідок відтитрування сильної кислоти;

в) кисла сіль, внаслідок відтитрування слабкої кислоти.

171. При якому співвідношенні констант йонізації можливе постадійне титрування багатоосновних кислот, роздільне титрування сумішей слабких кислот?

а) $K_1/K_2 \geq 10^4$; б) $pK_2 - pK_1 \geq 4$;

в) $K_1/K_2 \geq 4$; г) $K_1/K_2 \geq 10^{-4}$.

172. Які з наведених нижче багатоосновних кислот можна титрувати постадійно?

а) $H_2C_2O_4$ ($pK_1 = 1,25$; $pK_2 = 4,27$);

б) H_2SO_4 ($pK_2 = 1,94$);

в) H_3PO_4 ($pK_1 = 2,15$; $pK_2 = 7,21$; $pK_3 = 12,0$);

г) $H_2C_4H_4O_4$ ($pK_1 = 4,21$; $pK_2 = 5,63$);

д) H_2CO_3 ($pK_1 = 6,35$; $pK_2 = 10,32$);

е) $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ($pK_1 = 2,89$; $pK_2 = 4,52$).

173. Чи можливе постадійне титрування наступних сумішей кислот?

а) $\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$ ($pK = 4,76$);

б) $\text{HCl} + \text{HNO}_3$;

в) $\text{HCl} + \text{H}_3\text{BO}_3$ ($pK_1 = 9,15$; $pK_2 = 12,74$; $pK_3 = 13,80$).

174. Які способи визначення вмісту H_3PO_4 в розчині, наведені в групі А, вірні? В групі Б знайдіть молярні маси речовини еквівалента H_3PO_4 , які відповідають випадкам титрування, вказаним в групі А.

А

а) пряме титрування H_3PO_4 стандартним розчином натрій гідроксиду з індикатором метиловим оранжевим;

б) пряме титрування H_3PO_4 стандартним розчином натрій гідроксиду з індикатором фенолфталеїном;

в) пряме титрування H_3PO_4 стандартним розчином натрій гідроксиду як трьохосновної кислоти;

г) пряме титрування H_3PO_4 стандартним розчином натрій гідроксиду з індикатором тимолфталеїном (інтервал переходу 9,3 – 10,5);

д) заміщення H_3PO_4 еквівалентною кількістю HCl при дії CaCl_2 з наступним титруванням замісника розчином натрій гідроксиду з індикатором фенолфталеїном.

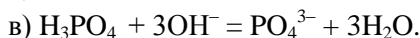
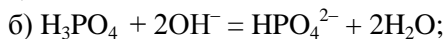
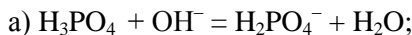
Б

1. $M(\text{H}_3\text{PO}_4)/3$;

2. $M(\text{H}_3\text{PO}_4)/2$;

3. $M(\text{H}_3\text{PO}_4)$.

175. Вкажіть рівняння хімічної реакції, що проходить при титруванні фосфатної кислоти стандартним розчином натрій гідроксиду з індикатором фенолфталеїном.



176. При титруванні розчину фосфатної(V) кислоти першу точку еквівалентності фіксують за допомогою індикатора:

а) метилового оранжевого; б) фенолфталеїну;

в) лакмусу; г) еозину.

177. Чому дорівнює фактор еквівалентності фосфатної(V) кислоти при її визначенні титруванням замісника?

а) $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{2}$; б) $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3}$;

в) $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{6}$; г) $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1$.

178. При титруванні розчину фосфатної(V) кислоти другу точку еквівалентності фіксують за допомогою індикатора:

а) метилового оранжевого; б) фенолфталеїну;

в) метилового червоного; г) еозину.

179. При взаємодії розчину фосфатної(V) кислоти з розчином натрій гідроксиду третю точку еквівалентності розраховують за формулою:

а) $\text{pH} = \frac{\text{p}K_1 + \text{p}K_2}{2}$;

б) $\text{pH} = \frac{\text{p}K_2 + \text{p}K_3}{2}$;

в) $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_3(\text{H}_3\text{PO}_4) + \frac{1}{2} \lg c_{\text{сол.}}$;

г) $\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{сол.}}$.

180. При титруванні солі, утвореної сильною основою та слабкою кислотою, рН розчину до початку титрування визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}};$$

$$\text{б) } \text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{г) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}.$$

181. При титруванні солі, утвореної сильною основою та слабкою кислотою, рН розчину в точці еквівалентності визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}};$$

$$\text{б) } \text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{г) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}.$$

182. При титруванні солі, утвореної сильною основою та слабкою кислотою, рН розчину після точки еквівалентності визначається за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}};$$

$$\text{б) } \text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{солі.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{г) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}.$$

183. Які солі, що утворені сильною основою та слабкою кислотою, можна визначати прямим титруванням стандартним розчином сильної кислоти?

- а) якщо pK кислоти, що утворює сіль ≥ 6 ;
- б) якщо pK кислоти, що утворює сіль ≤ 6 ;
- в) якщо pK кислоти, що утворює сіль ≤ 8 ;
- г) якщо pK кислоти, що утворює сіль ≥ 8 .

184. Які одиниці виміру твердості води?

- а) моль еквівалента/дм³;
- б) дм³/ммоль еквівалента;
- в) г/моль еквівалента;
- г) ммоль еквівалента/дм³.

185. Вкажіть, наявність яких солей обумовлює тимчасову твердість води:

- а) CaCO_3 ;
- б) Na_2CO_3 ;
- в) $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$;
- г) MgCO_3 ;
- д) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- е) FeCl_3 .

186. Який індикатор використовують при визначенні карбонатної твердості води кислотно-основним титруванням?

- а) метиловий оранжевий;
- б) метиловий червоний;
- в) фенолфталеїн.

187. Як усунути тимчасову твердість води?

- а) додати еквівалентну кількість луку;
- в) прокип'ятити;
- г) додати еквівалентну кількість кислоти.

188. При титруванні розчину динатрій карбонату, рН розчину до початку титрування розраховують за формулою:

$$\text{а) } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) + \frac{1}{2} \lg c_{\text{сол.}};$$

$$\text{б) } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) + \frac{1}{2} \lg c_{\text{сол.}};$$

$$\text{в) } \text{pH} = -\lg c_{\text{кисл.}};$$

$$\text{г) } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg c_{\text{кисл.}}.$$

189. Чому дорівнює рН розчину в першій точці еквівалентності при титруванні суміші натрій гідрогенкарбонату та динатрій карбонату. $\text{p}K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,31$; $\text{p}K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = 10,32$.

а) 8,32;

б) 3,81;

в) 11,66;

г) 10,38.

190. Яка схема титрування аліквоти суміші динатрій карбонату та натрій гідроксиду з двома індикаторами правильна?

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| NaOH | Na ₂ CO ₃ |
| V ₁ (HCl) | V ₂ (HCl) |

метил-оранж фенолфталеїн

а)

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| NaOH | Na ₂ CO ₃ |
| V ₁ (HCl) | V ₂ (HCl) |

фенолфталеїн метил-оранж

б)

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| NaOH | Na ₂ CO ₃ |
| V ₁ (HCl) | V ₂ (HCl) |

метил-оранж фенолфталеїн

в)

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| NaOH | Na ₂ CO ₃ |
| V ₁ (HCl) | V ₂ (HCl) |

фенол-фталеїн метилоранж

г)

191. При титруванні суміші натрій гідрогенкарбонату та динатрій карбонату з індикатором фенолфталеїном динатрій карбонат відтитровується до:

- а) кислої солі;
- б) середньої солі;
- в) слабкої кислоти;
- г) сильної основи.

192. Яка маса динатрій карбонату міститься в розчині, якщо на його титрування з метиловим оранжевим витрачається 23,00 см³ 0,1020 н. розчину НСІ. $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99$ г/моль.

- а) 235,02 мг;
- б) 470,04 мг;
- в) 124,33 мг;
- г) 248,65 мг.

193. За якою формулою, наведеною в групі Б, можна розрахувати рН в точці еквівалентності при титруванні 0,1 М розчину Na_2CO_3 0,1 М розчином НСІ з індикатором, вказаним в групі А?

А

- а) метиловий оранжевий;
- б) фенолфталеїн.

Б

а) $\text{pH} = \text{p}K_1 - \lg \frac{c_{\text{кисл.}}}{c_{\text{солі}}}$.

б) $\text{pH} = \frac{\text{p}K_1 + \text{p}K_2}{2}$;

в) $\text{pH} = \frac{1}{2}\text{p}K_1 - \frac{1}{2}\lg c_{\text{кисл.}}$;

г) $\text{pH} = \frac{1}{2}\text{p}K_w + \frac{1}{2}\text{p}K_1 + \frac{1}{2}\lg c_{\text{солі}}$.

194. Яка з наступних речовин: а) КОН; б) K_2CO_3 ; в) KHCO_3 присутня в розчині, якщо:

а) розчин не показує лужної реакції з фенолфталеїном, але може бути відтитрований хлоридною кислотою з метиловим оранжевим.

б) на титрування з фенолфталеїном йде вдвічі менша кількість хлоридної кислоти, ніж з метиловим оранжевим.

в) на титрування з фенолфталеїном і метиловим оранжевим йде однакова кількість хлоридної кислоти.

195. Яким чином можна визначити вміст луку в зразку, забрудненому карбонатом?

а) відтитрувати хлоридною кислотою з фенолфталеїном;

б) відтитрувати хлоридною кислотою з метиловим оранжевим;

в) відтитрувати розчин хлоридною кислотою з фенолфталеїном, потім дотитрувати з метиловим оранжевим;

г) проводити титрування, використовуючи дві аліквоти. Одну аліквоту титрувати хлоридною кислотою з фенолфталеїном, іншу – хлоридною кислотою з метиловим оранжевим;

д) визначення проводять, використовуючи дві аліквоти. Одну аліквоту відтитрувати хлоридною кислотою з метиловим оранжевим, в іншій – попередньо осадити CO_3^{2-} -іони, додаючи BaCl_2 , і відтитрувати зразок хлоридною кислотою з фенолфталеїном.

196. Вміст яких з вказаних солей може бути визначений прямим кислотно-основним титруванням у водних розчинах?

а) CaCO_3 ;

б) CH_3COONa ;

в) NH_4Cl ;

г) NaCl ;

д) Na_2CO_3 ;

е) NaHCO_3 ;

є) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$;

ж) CaCl_2 ;

з) Na_2HPO_4 ;

i) KCN; i) NaH_2PO_4 .

197. Які індикатори групи Б можна використовувати для випадків титрування, наведених в групі А?

А

а) 0,1 н. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + 0,1 М НСІ;

б) 0,1 М KCN + 0.1 М НСІ;

в) 0,1 М NaHCO_3 + 0,1 М НСІ.

Б

а) метиловий оранжевий;

б) метиловий червоний;

в) фенолфталеїн.

198. Які з вказаних речовин визначають титруванням замісника?

а) NH_4Cl ;

б) KCN;

в) Na_2CO_3 ;

г) Na_2HPO_4 .

199. Рівняння матеріального балансу при визначенні солей амонію формальдегідним методом має вигляд:

а) $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NaOH})$;

б) $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{НСОН})$;

в) $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NaOH}) - n(\text{НСІ})$;

г) $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{НСІ})$.

200. Який індикатор використовують при визначенні Нітрогену за методом К'ельдаля?

а) фенолфталеїн;

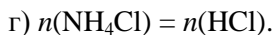
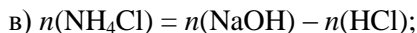
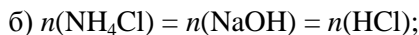
б) метиловий оранжевий;

в) лакмус;

г) еозин.

201. Рівняння матеріального балансу за кількістю речовини еквівалента при визначенні солей амонію методом оберненого кислотно-основного титрування має вигляд:

а) $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NaOH})$;



202. Який із кислотно-основних індикаторів групи Б дозволяє правильно визначати вміст Нітрогену за методом, вказаним у групі А?

А

а) формальдегідний метод;

б) метод К'ельдаля.

Б

а) метиловий оранжевий;

б) метиловий червоний;

в) фенолфталеїн.

203. Для визначення вмісту солей амонію амоніак відганяють у приймач з відомою кількістю сульфатної кислоти, надлишок якої потім відтитровують лугом. Який індикатор потрібно використати?

а) фенолфталеїн;

б) метиловий оранжевий;

в) лакмус.

204. Визначення солей амонію за способом оберненого титрування засноване на тому, що:

а) до розчину солі амонію додають еквівалентну кількість стандартного розчину натрій гідроксиду;

б) до розчину солі амонію додають точно відміряний надлишок стандартного розчину натрій гідроксиду, нагрівають до повного видалення амоніаку, залишок натрій гідроксиду відтитровують стандартним розчином сильної кислоти;

в) до розчину солі амонію додають надлишок розчину формальдегіду. Виділені гідроген-іони титрують стандартним розчином натрій гідроксиду у присутності фенолфталеїну.

205. Який прийом використовується при визначенні кальцій карбонату кислотно-основним титруванням?

- а) пряме титрування;
- б) обернене титрування;
- в) титрування замісника;
- г) реверсивне титрування.

206. Яким чином, використовуючи кислотно-основне титрування, можна визначити вміст Na_2HPO_4 в розчині?

а) прямим титруванням розчином натрій гідроксиду з фенолфталеїном;

б) прямим титруванням розчином хлоридної кислоти з метиловим оранжевим;

в) титруванням замісника, заснованим на додаванні до розчину Na_2HPO_4 надлишку розчину CaCl_2 і титруванням хлоридної кислоти, що виділилась, стандартним розчином лугу.

ТЕМА 5.3. МЕТОДИ ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ТИТРУВАННЯ

Сутність і класифікація методів окисно-відновного титрування. Особливості реакцій окиснення-відновлення, які заважають їх використанню в аналізі. Константа рівноваги редокс-реакцій, її значення; зв'язок константи рівноваги з стандартними окисно-відновними потенціалами. Фактори, які впливають на швидкість реакцій окиснення-відновлення. Спряжені окисно-відновні реакції.

Криві окисно-відновного титрування. Фактори, які впливають на характер кривих титрування: концентрація гідроген-іонів, концентрація окисненої і відновленої форм, комплексоутворення, йонна сила розчину.

Безіндикаторні та індикаторні способи фіксування точки еквівалентності в редоксметрії. Специфічні та редоксіндикатори. Характеристика важливих редоксіндикаторів (дифеніламін, фенілантранілова кислота, фероїн).

Способи попереднього окиснення або відновлення речовин, які визначають.

Перманганатометрія. Загальна характеристика методу. Робочі розчини. Стандартні речовини. Способи фіксування точки еквівалентності. Способи титрування (пряме, зворотнє (обернене), реверсивне титрування).

Застосування перманганатометрії. Визначення окисників, відновників і речовин, які не мають окисно-відновних властивостей. Визначення ферум(II)-, манган(II)-, нітрат(III)-, оксалат-іонів, дигідроген пероксиду, кальцій-іонів.

Недоліки використання калій перманганату (калій тетраоксоманганату(VII)) при титруванні.

Дихроматометрія. Загальна характеристика методу. Робочий розчин. Фіксування точки еквівалентності.

Застосування методу. Титрування ферум(II)-іонів. Переваги і недоліки методу в порівнянні з перманганатометрією.

Йодометрія. Загальна характеристика методу. Система йод/йодид як окисник або відновник. Робочі розчини в йодометрії, їх приготування, та стандартизація. Способи фіксування точки еквівалентності в йодометрії. Йодометричне визначення окисників, відновників. Визначення арсенатів(III), арсенатів(V), сульфат(IV), ферум(III)-, купрум(II)-іонів, визначення активного хлору у хлорному вапні, дигідроген пероксиду. Йодометричне визначення сильних кислот.

Недоліки методу.

Поняття про методи ванадатометрії, цериметрії, титанометрії, броматометрії, аскорбінометрії.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

207. Титрують йони Fe^{2+} розчином калій перманганату. За яким із рівнянь, наведених в групі Б, зазвичай розраховують окисно-відновний потенціал даної системи для випадків титрування, вказаних в групі А?

А

- а) до точки еквівалентності;
- б) в точці еквівалентності;
- в) додано надлишок розчину KMnO_4 .

Б

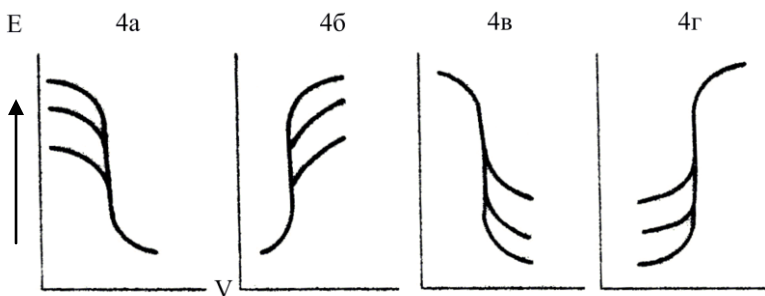
$$\text{а) } E(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = E^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) + \frac{0,059}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]};$$

$$\text{б) } E(\text{MnO}_4^{1-}/\text{Mn}^{2+}) = E^{\circ}(\text{MnO}_4^{1-}/\text{Mn}^{2+}) + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^{1-}][\text{H}^{1+}]^8}{[\text{Mn}^{2+}]};$$

$$\text{в) } E = \frac{1E^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) + 5E^{\circ}(\text{MnO}_4^{1-}/\text{Mn}^{2+})}{5+1} - \frac{0,059}{6} \lg \frac{1}{[\text{H}^{+}]^8}.$$

208. На рисунку наведені криві окисно-відновного титрування. Який з варіантів відповідає титруванню:

- а) різних окисників одним і тим же відновником;
- б) різних відновників одним і тим же окисником;
- в) одного і того ж окисника відновниками різної сили;
- г) одного і того ж відновника окисниками різної сили.



Криві окисно-відновного титрування

209. Які фактори впливають на ширину стрибка титрування в окисно-відновному титруванні?

- а) природа окисника і відновника;
- б) концентрація гідроген-іонів;
- в) температура;
- г) комплексоутворення;
- д) концентрація розчину, який титрують, та титранту.

210. Для яких реакцій, що наведені нижче, криві окисно-відновного титрування залежать від концентрації титранту?

- а) $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{Ce}^{\text{IV}} + \text{Fe}^{2+} = \text{Ce}^{\text{III}} + \text{Fe}^{3+}$;
- в) $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{I}^- + 2\text{H}^+$;
- г) $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$;
- д) $2\text{Fe}^{2+} + \text{Br}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$.

211. В яких методах окисно-відновного титрування можливе безіндикаторне титрування?

- а) перманганатометрія; б) дихроматометрія;
 в) йодометрія; г) бромометрія;
 д) цериметрія.

212. Які з наведених в групі А індикаторів є специфічними, а які – окисно-відновними? В групі Б вкажіть зміну забарвлення окисно-відновних індикаторів групи А при переході з відновленої форми в окиснену.

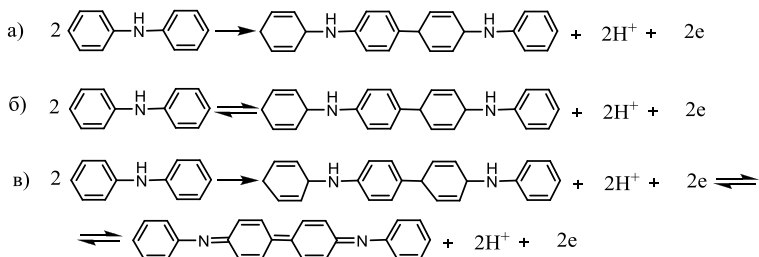
А

- а) крохмаль; б) фероїн;
 в) натрій дифеніламінсульфонат; г) калій тіоціанат;
 д) N-фенілантранілова кислота; е) дифеніламін.

Б

- а) червоне – блідо-блакитне;
 б) безбарвне – фіолетово-червоне;
 в) безбарвне – синє;
 г) блакитне – червоне;
 д) безбарвне – фіолетове.

213. Який процес перетворення дифеніламіну має місце при обробці індикатора в кислих розчинах сильним окисником?



214. За якою формулою обчислюють інтервал переходу забарвлення окисно-відновного індикатора?

- а) $E^\circ_{\text{Ind}} \pm 1$; б) $E^\circ_{\text{Ind}} \pm 0,059$;
в) $E^\circ_{\text{Ind}} \pm 0,059/n$; г) $pK_{\text{Ind}} \pm 1$.

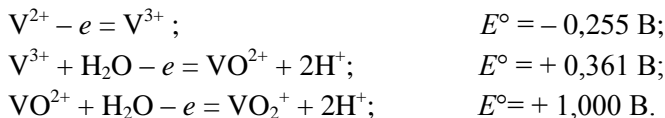
215. Якою повинна бути мінімальна різниця в стандартних (або реальних) окисно-відновних потенціалах титранту і сполуки, яку титрують, щоб отримати стрибок, який дозволяє успішно провести титрування з окисно-відновними індикаторами?

- а) 0,2 В; б) 1,0 В; в) 0,1 В.

216. На скільки повинні відрізнитись стандартні окисно-відновні потенціали редокс пар, щоб можна було провести роздільне титрування декількох речовин або титрування однієї речовини, здатної до ступінчастого окиснення або відновлення?

- а) 0,2 В; б) 0,6 В; в) 1,0 В.

217. Окиснення ванадію(II) до ванадію(III), ванадію(III) до ванадію(IV) і ванадію(IV) до ванадію(V) проходить за схемами:



Чи можливе ступінчасте титрування?

218. Які умови приготування стандартного розчину KMnO_4 правильні?

- а) точну наважку KMnO_4 розчиняють у визначеному об'ємі води;
б) готують розчин KMnO_4 приблизної концентрації і безпосередньо після приготування стандартизують;
в) готують розчин KMnO_4 приблизної концентрації, кип'ячать 20-30 хвилин, охолоджують, фільтрують через паперовий фільтр, потім стандартизують;

г) те ж саме, що і пункт в), але фільтрування проводять через скляний фільтр;

д) готують розчин калій перманганату приблизної концентрації, через 7-10 днів фільтрують через скляний фільтр, потім стандартизують.

219. Які з вказаних речовин використовують для стандартизації розчину KMnO_4 ?

- а) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; б) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
в) As_2O_3 ; г) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
д) Fe; е) $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
е) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; ж) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

220. При стандартизації розчину калій перманганату до розчину оксалатної кислоти додали сульфатної кислоти. Після додавання перших крапель розчину калій перманганату розчин, що титрують, набув червоно-фіолетового забарвлення, яке з часом зникає. Що треба зробити, щоб правильно провести титрування?

а) розчин перед титруванням необхідно нагріти до кипіння;

б) розчин перед титруванням необхідно нагріти до 60-80 °С;

в) сульфатну кислоту замінити фосфатною;

г) перед титруванням до розчину необхідно додати декілька крапель манган сульфату.

221. Написати рівняння окисно-відновної реакції в молекулярному вигляді, яка проходить при стандартизації розчину калій перманганату за оксалатною кислотою, і підрахувати суму коефіцієнтів.

- а) 31; б) 36; в) 21; г) 41.

222. Які умови зберігання розчину калій перманганату, вказані в групі А, необхідно виконувати, щоб не змінився його титр? В групі Б вкажіть причини нестійкості розчину калій перманганату для тих випадків його зберігання, наведених в групі А, які сприяють зміні титру.

А

- а) зберігати на світлі;
- б) зберігати в темноті;
- в) закривати резиною або корковою пробкою;
- г) закривати скляною пробкою без змазки;
- д) закривати скляною пробкою з використанням змазки;
- е) зберігати в присутності MnO_2 ;
- є) стійкими до зберігання є порівняно концентровані розчини.

Б

1. Прискорюється розклад $KMnO_4$ за реакцією:



2. Відбувається взаємодія $KMnO_4$ з присутніми відновниками.

223. При якій молярній концентрації речовини еквівалента робочого розчину $KMnO_4$ рекомендується проводити титрування з використанням індикаторів?

- а) 0,1; б) 0,05; в) 0,02; г) < 0,01.

224. В якому середовищі

а) кислому; б) нейтральному; в) лужному проводять переважно перманганатометричне визначення? Чому дорівнює молярна маса речовини еквівалента $KMnO_4$ в цьому середовищі?

- 1. $M(KMnO_4)/5$; 2. $M(KMnO_4)/3$; 3. $M(KMnO_4)$.

225. В групі Б вкажіть молярну масу еквівалента речовин групи А при їх перманганатометричному визначенні.

А

- а) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; б) H_2O_2 ;
в) KNO_2 ; г) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;
д) MnO_2 в піролюзиті (обробка FeSO_4).

Б

- а) $M/2$; б) M ; в) $M/6$; г) $M/3$; д) $M/8$.

226. Написати рівняння окисно-відновної реакції в молекулярному вигляді, яка проходить при визначенні вмісту $\text{Fe}(\text{II})$ в розчині методом перманганатометрії, і підрахувати суму коефіцієнтів.

- а) 25; б) 46; в) 28; г) 36.

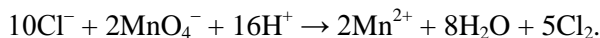
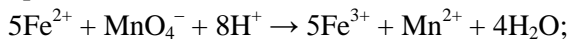
227. Які окисно-відновні реакції називаються спряженими?

а) 2 реакції називаються спряженими, якщо одна з них викликає проходження іншої зі значною швидкістю;

б) 2 реакції називаються спряженими, якщо одна з них в значній мірі подавляє проходження іншої;

в) 2 реакції називаються спряженими, якщо для їх проходження застосовують однакові титранти.

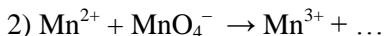
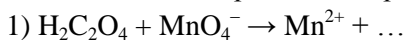
228. При титруванні солей $\text{Fe}(\text{II})$ розчином калій перманганату в хлориднокислому середовищі проходять дві спряжені реакції:



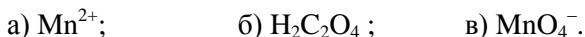
Реакція між йонами MnO_4^- та Fe^{2+} індукує реакцію між йонами MnO_4^- та Cl^- . Вкажіть актор, індуктор, акцептор.

- а) Fe^{2+} ; б) Cl^- ; в) MnO_4^- .

229. При стандартизації розчину калій перманганату за оксалатною кислотою проходять спряжені реакції:



Враховуючи, що реакція 1 проходить дуже повільно при відсутності реакції 2, назвіть актор, індуктор і акцептор в спряжених реакціях.



230. При перманганатометричному визначенні феруму (II) в хлоридно-кислому середовищі відбувається виділення вільного хлору, внаслідок чого результати визначення завищені. Вкажіть способи, користуючись якими можна отримати правильні результати.

а) титрування проводити при нагріванні;

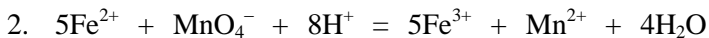
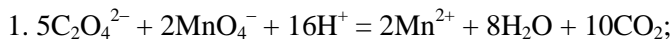
б) титрування вести в присутності солей Мангану, що знижує окисно-відновний потенціал системи Mn(III)/Mn(II) ;

в) титрування вести в присутності фосфатної кислоти, яка зв'язує забарвлені йони Fe(III) в безбарвні комплексні йони;

г) титрування вести в присутності суміші Циммермана-Рейнгардта.

231. Для окисно-відновних реакцій, наведених в групі А, вкажіть в групі Б недоліки, які ускладнюють використання даних реакцій в титриметричних цілях. В групі В знайдіть способи усунення недоліків.

А



(в присутності HCl або хлоридів);

Б

- а) низька швидкість;
- б) значна оборотність;
- в) відсутність можливості фіксування точки еквівалентності;
- г) при титруванні проходять побічні реакції.

В

- а) введення каталізатора;
- б) підвищення температури;
- в) збільшення концентрації кислоти;
- г) проведення реакції в присутності суміші Циммермана-Рейнгардта;
- д) проведення титрування за способом заміщення;
- е) використання способу оберненого титрування;
- є) щоб виключити утворення побічних продуктів визначувана речовина додається до титранту, а не навпаки (реверсивне титрування);

232. Яким способом титрування, вказаним в групі Б, методом перманганатометрії визначають речовини групи А? В групі В вкажіть необхідне середовище.

А

- | | | |
|---|--|----------------------|
| 1. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; | 2. H_2O_2 ; | 3. KNO_2 ; |
| 4. MnO_2 ; | 5. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; | 6. KClO_3 ; |
| 7. Mn(II) в солях; | 8. $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$; | 9. CaCl_2 ; |
| 10. $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. | | |

Б

- а) пряме титрування;
- б) обернене титрування;
- в) титрування замісника;
- г) реверсивне титрування.

В

- а) кисле; б) нейтральне; в) лужне.

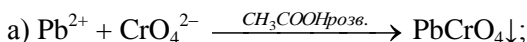
233. Розчин станум(II) хлориду титрують розчином калій тетраоксоманганату(VII). Пояснити, за яких умов треба проводити титрування.

- а) в нейтральному середовищі;
 б) в сильнокислому середовищі;
 в) в лужному середовищі;
 г) кислотність середовища не має значення.

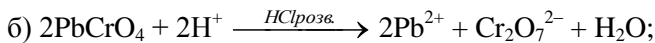
234. При титруванні розчину Fe(II) розчином калій дихромату в сульфатнокислому середовищі стрибок титрування знаходиться в інтервалі значень потенціалів 0,94–1,32 В. Який з вказаних нижче індикаторів придатний для фіксування точки еквівалентності?

- а) дифеніламін, $E^\circ = + 0,76$ В;
 б) N-фенілантранілова кислота, $E^\circ = + 1,00$ В;
 в) фероїн, $E^\circ = + 1,06$ В;
 г) натрій дифеніламінсульфонат, $E^\circ = + 0,84$ В.

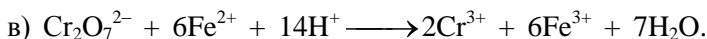
235. Визначення плумбуму(II) методом дихроматометрії засноване на наступних реакціях:



(Осад фільтрують та промивають)



(Осад розчиняють)



(Проводять титрування)

Визначити молярну масу речовини еквівалента плумбуму(II).

- а) M ; б) $M/2$; в) $M/3$; г) $M/4$; д) $M/6$.

236. Використовуючи пункти, вказані в групах А, Б і В, запропонуйте два способи приготування розчину йоду для титриметричних цілей.

А

1. Використати приблизну наважку йоду, який є у продажі.
2. Використати точну наважку йоду, очищеного возгонкою із суміші його з вапном і калій йодидом.
3. Використати точну наважку йоду, який є у продажі.

Б

1. Розчинити йод у воді.
2. Розчинити йод у спирті.
3. Розчинити йод у розчині калій йодиду.
4. Розчинити йод в водно-спиртовій суміші.

В

1. Стандартизувати розчин йоду за оксидом арсену(III);
2. Стандартизувати розчин йоду за попередньо стандартизованим розчином натрій тіосульфату.

237. Нестійкість водних розчинів натрій тіосульфату обумовлена процесами, вказаними в групі А. В групі Б знайдіть способи, що пригнічують кожний з вказаних в групі А процесів при приготуванні та зберіганні розчину натрій тіосульфату .

А

1. $S_2O_3^{2-} + H^+ \rightarrow HSO_3^- + S \downarrow$.
2. $S_2O_3^{2-} + H_2O + CO_2 \rightarrow HCO_3^- + HSO_3^- + S \downarrow$.
3. $2S_2O_3^{2-} + O_2 \rightarrow 2SO_4^{2-} + 2S \downarrow$.
4. Розклад тіобактеріями з утворенням сульфідів, сульфатів і елементарної сірки.

Б

1. При приготуванні розчину натрій тіосульфату використовувати свіжокип'ячену без доступу повітря дистильовану воду.

2. Зберігати розчин на розсіяному світлі.

3. Зберігати розчин в ємностях, які мають трубку з кальцій хлоридом.

4. Уникати забруднення розчину йонами важких металів.

5. Уникати контакту розчину з кислотами.

6. У розчин, який підлягає зберіганню, додають меркурій(II) йодид або хлороформ.

7. У розчин натрій тіосульфату додають Na_2CO_3 .

238. Які з вказаних речовин використовують для стандартизації розчину натрій тіосульфату?

а) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;

б) KBrO_3 ;

в) KIO_3 ;

г) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;

д) I_2 ;

е) As_2O_3 ;

є) $\text{CaCl}(\text{OCl})$;

ж) солі Купруму.

239. Чому розчин натрій тіосульфату не стандартизують прямим титруванням за калій дихроматом?

а) реакція протікає з низькою швидкістю;

б) немає можливості фіксування точки еквівалентності;

в) при титруванні проходять побічні реакції, внаслідок чого реакція не може бути виражена одним рівнянням;

г) реакція оборотня.

240. Для чого проводять розбавлення реакційної суміші при стандартизації розчину натрій тіосульфату за калій дихроматом?

а) для зменшення інтенсивності забарвлення реакційної суміші йонами хрому(III);

- б) для збільшення чутливості індикатора;
- в) для збільшення швидкості реакції;
- г) для зменшення оборотності реакції.

241. На чому заснована індикаторна дія крохмалю?

- а) на окисно-відновних процесах, що відбуваються з індикатором;
- б) на утворенні з йодом комплексної сполуки синього забарвлення;
- в) на адсорбції йоду крохмалем;
- г) на утворенні адсорбційно-комплексної сполуки йоду з крохмалем інтенсивного синього забарвлення.

242. Вказати спосіб титрування в йодометрії при визначенні вмісту окисників.

- а) пряме титрування;
- б) обернене титрування;
- в) титрування замісника.

243. Яким способом титрування, вказаним в групі Б, визначають речовини, вказані в групі А, методом йодометричного титрування?

А

- а) HCl ;
- б) FeCl_3 ;
- в) H_2S ;
- г) CuSO_4 ;
- д) Na_3AsO_3 ;
- е) H_2O_2 ;

Б

- а) пряме титрування;
- б) обернене титрування;
- в) титрування замісника.

244. В групі Б вкажіть молярну масу еквівалента речовин групи А при визначенні їх методом йодометричного титрування.

А

- а) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; б) H_3AsO_3 ; в) Na_2SO_3 ;
 г) H_2S ; д) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; е) H_2O_2 .

Б

- а) $M/2$; б) M ; в) $M/6$.

245. Чому йодометричне визначення купруму(II) проводять в слабкокислому середовищі?

- а) йони H^+ необхідні для реакції відповідно рівнянню;
 б) йони H^+ зміщують рівновагу реакції вправо;
 в) слабкокисле середовище необхідне для пригнічення гідролізу солі купруму(II).

246. Для окисно-відновних реакцій, наведених в групі А, вкажіть в групі Б недоліки, які ускладнюють використання даних реакцій в титриметричних цілях. В групі В знайдіть способи усунення недоліків.

А

1. $9\Gamma + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{I}_3^- + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$;
2. $\text{SO}_3^{2-} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\Gamma + 2\text{H}^+$;
3. $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\Gamma + 2\text{H}^+$.

Б

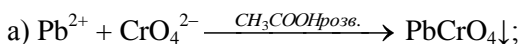
- а) низька швидкість;
 б) значна оборотність;
 в) відсутність можливості фіксування точки еквівалентності;
 г) при титруванні проходять побічні реакції.

В

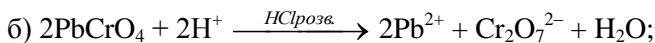
- а) введення каталізатора;
 б) підвищення температури;
 в) збільшення концентрації кислоти;
 г) проведення реакції в присутності суміші Циммермана-Рейнгардта;

д) проведення титрування за способом заміщення;
е) використання способу оберненого титрування;
е) щоб виключити утворення побічних продуктів
визначається речовина додається до стандартного розчину, а
не навпаки (реверсивне титрування);

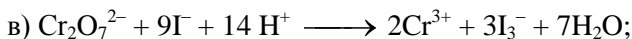
247. Йодометричне визначення плюмбуму(II) засновано на наступних реакціях:



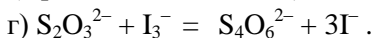
(Осад фільтрують та промивають)



(Осад розчиняють)



(Проводять заміщення)



(Проводять титрування)

Визначити молярну масу речовини еквівалента
плюмбуму(II).

а) M ; б) $M/2$; в) $M/3$; г) $M/4$; д) $M/6$.

248. В групі Б вкажіть переваги, в групі В недоліки методів
окисно-відновного титрування групи А.

А

1. Перманганатометрія.
2. Дихроматометрія.
3. Йодометрія.

Б

1. Легкість фіксування точки еквівалентності;
2. Можливість титрування в кислих, нейтральних і лужних середовищах;

3. Можливість проведення титрування в хлоридноокислих середовищах;
4. Можливість приготування стандартного робочого розчину за точною наважкою;
5. Стійкість робочого розчину при зберіганні;
6. Широке коло визначуваних речовин.

В

1. Леткість титранту.
2. Забарвлення продукту відновлення робочого розчину ускладнює фіксування точки еквівалентності.
3. Низька швидкість окисно-відновних реакцій.
4. Нестійкість стандартного розчину при зберіганні.
5. Складність проведення визначення в хлоридноокислому середовищі.
6. Неможливе титрування в лужному середовищі.
7. Порівняно висока вартість реактивів, що використовуються.

ТЕМА 5.4. МЕТОДИ ОСАДЖУВАЛЬНОГО ТИТРУВАННЯ

Сутність методів. Вимоги до реакцій осаджувального титрування. Класифікація методів осаджувального титрування в залежності від природи титранта.

Криві осаджувального титрування. Фактори, які впливають на стрибок титрування (концентрація робочого розчину, добуток розчинності осаду, температура).

Аргентометрія. Безіндикаторні та індикаторні способи фіксування точки еквівалентності. Метод Мора, метод Фаянса.

Тіоціанатометрія (метод Фольгарда). Застосування, переваги та недоліки методу.

Меркурометрія.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

249. Яким вимогам повинні відповідати реакції утворення малорозчинних сполук при використанні їх в титриметричних цілях?

а) осад, який утворюється, повинен мати мінімальну розчинність;

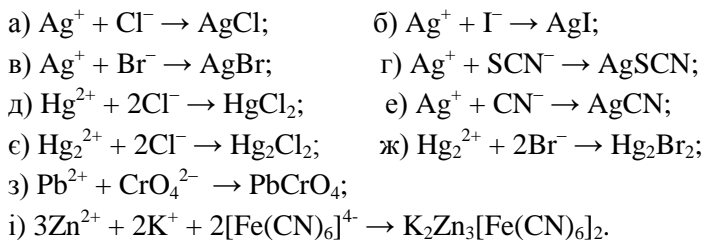
б) осад повинен утворюватись повільно;

в) утворення осаду повинно відбуватись достатньо швидко.

г) результати титрування не повинні спотворюватись явищем адсорбції.

д) повинна бути можливість фіксування точки еквівалентності.

250. Які з наведених нижче реакцій використовуються в осаджувальному титруванні?



251. Від яких факторів залежить величина стрибка титрування на кривих осаджувального титрування?

- а) від концентрації розчину, що титрують, і від концентрації титранту;
 б) від добутку розчинності продукту реакції;
 в) від температури розчинів;
 г) від присутності органічних розчинників;
 д) від йонної сили розчину;
 е) від швидкості титрування;
 є) від вибору індикатора.

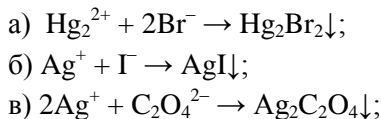
252. 0,1 М розчином аргентум нітрату титрують

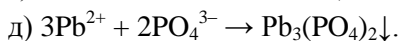
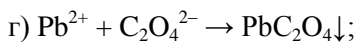
- а) 0,1М KI; б) 0,1М KBr
 в) 0,1М KIO₃; г) 0,1М KCl.

У якому випадку стрибок титрування буде найбільшим?



253. Для яких з вказаних нижче реакцій криві осаджувального титрування несиметричні відносно точки еквівалентності?





254. Розчин, який містить хлорид-, бромід- та йодид-іони в однакових концентраціях, титрують розчином аргентум нітрату. Який з йонів буде осаджуватись у першу чергу? (ДР (AgI) = $8,3 \cdot 10^{-17}$; ДР (AgCl) = $1,8 \cdot 10^{-10}$; ДР (AgBr) = $5,3 \cdot 10^{-13}$).

255. Назвати індикатор при аргентометричному визначенні хлоридів за методом Мора.

- а) аргентум хромат(VI); б) калій хромат(VI);
в) калій дихромат(VI); г) плюмбум хромат;
д) еозин; е) флуоресцеїн.

256. Вказати ознаки, за якими роблять висновок про кінець титрування при аргентометричному визначенні хлоридів за методом Мора.

- а) за зникненням цегляно-червоного осаду;
б) за утворенням білого осаду;
в) за появою цегляно-червоного осаду;
г) за зникненням жовтого забарвлення.

257. На чому засновано використання калій хромату як індикатора в аргентометрії?

- а) на дробному осадженні;
б) на адсорбції;
в) на ізоморфному співосадженні.

258. Який спосіб титрування потрібно використати при визначенні вмісту натрій хлориду в розчині за методом Мора?

а) до аліквоти розчину, що містить йони аргентуму, додати розчин індикатора, потім відтитрувати розчином натрій хлориду;

б) до аліквоти розчину натрій хлориду додати розчин індикатора і відтитрувати з бюретки стандартним розчином, аргентум нітрату.

259. Які з вказаних йонів можна визначати аргентометричним титруванням за методом Мора?

а) Cl^- б) Br^- ; в) I^- ; г) SCN^- ; д) CN^- .

260. В яких випадках не можна проводити визначення хлоридів за методом Мора?

а) при $\text{pH} > 10$;

б) при $\text{pH} < 6,5$;

в) в присутності катіонів Hg^{2+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Bi^{2+} , які взаємодіють з аніонами індикатора;

г) в присутності аніонів PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , S^{2-} , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, які утворюють малорозчинні сполуки з Ag^+ -іонами;

д) якщо досліджений розчин інтенсивно забарвлений.

261. На чому засновано фіксування точки еквівалентності в аргентометрії за методом Фаянса?

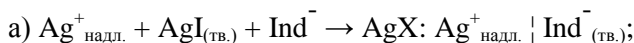
а) на дробному осадженні;

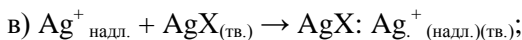
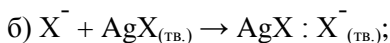
б) на адсорбції аніонів індикатора;

в) на ізоморфному співосадженні;

г) на рівному помутнінню двох проб, які порівнюють.

262. Яка з вказаних нижче реакцій має місце в кінцевій точці титрування при визначенні галогенід-іонів за методом Фаянса (титрування з адсорбційними індикаторами). (Галогенід-іони (X^-) титрують аргентум нітратом)





263. В групі В вкажіть адсорбційні індикатори, за допомогою яких можна визначати галогенід-іони групи А в середовищі, яке вказано в групі Б.

А

- а) хлорид-іони; б) бромід-іони; в) йодид-іони.

Б

- а) нейтральне і слабколужне середовище;
б) слабкокисле середовище;
в) кисле середовище ($\text{pH} \approx 2$).

В

- а) флуоресцеїн ($\text{p}K \approx 7$);
б) дихлорфлуоресцеїн ($\text{p}K \approx 4$);
в) еозин ($\text{p}K \approx 2$).

264. Які з наведених нижче йонів можна визначати за методом тіоціанатометрії?

- а) Ag^+ ; б) SCN^- ; в) Cl^- ;
г) Br^- ; д) I^- ; е) CO_3^{2-} ;
є) CrO_4^{2-} ; ж) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$; з) PO_4^{3-} .

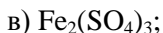
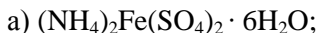
265. В яких випадках не можна проводити титрування за методом тіоціанатометрії?

- а) в лужному середовищі;
б) в кислому середовищі;
в) в присутності йонів Ba^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{2+} ;
г) в присутності F^- -іонів;
д) в присутності йонів Hg_2^{2+} , Hg^{2+} ;

е) в присутності окисників, які здатні окиснювати тіоціанат-іони;

е) якщо досліджуваний розчин має інтенсивне забарвлення.

266. Яка з наведених нижче сполук використовується як індикатор в тіоціанатометрії?



267. Який з методів осаджувального титрування можна використати для визначення хлорид-іонів в кислому середовищі?

а) метод Мора;

б) метод Фаянса;

в) метод Фольгарда.

268. При тіоціанатометричному визначенні хлоридів поряд з реакціями, що лежать в основі оберненого титрування



і реакцією в кінцевій точці титрування



проходить реакція



що ускладнює визначення.

Які з вказаних нижче прийомів дозволяють попередити проходження реакції (4)?

а) нагрівання осаду аргентум хлориду перед титруванням залишку аргентум нітрату розчином амоній тіоціанату, що сприяє коагуляції осаду;

б) додавання в розчин, що аналізують, перед оберненим титруванням нітробензолу або іншого органічного розчинника, що не змішується з водою;

в) додавання в розчин, що аналізують, перед титруванням етилового спирту;

г) відфільтрування осаду аргентум хлориду перед титруванням залишку аргентум нітрату розчином амоній тіоціанату;

д) застосовують інший індикатор.

269. На чому засновано фіксування точки еквівалентності в тіоціанатометрії?

а) на дробному осадженні;

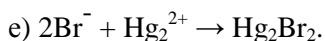
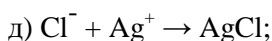
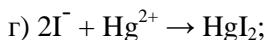
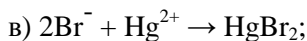
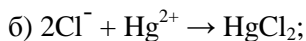
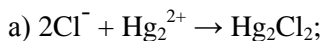
б) на адсорбції аніонів індикатора;

в) на утворенні забарвленої комплексної сполуки;

г) на рівному помутнінню двох проб, які порівнюють.

270. В групі А вкажіть реакції, що використовуються в меркурометричному титруванні, в групі Б – індикатори, які використовуються.

А



Б

- а) ферум(III) тіоціанат;
- б) діфенілкарбазон;
- в) натрій нітропрурид;
- г) дифеніламін;
- д) ферум(III) нітрат.

271. В групі Б вкажіть переваги, в групі В – недоліки при порівнянні методів осаджувального титрування групи А.

А

- а) меркурометрія;
- б) аргентометрія.

Б

- а) даним методом можливе пряме титрування галогенідів в кислому середовищі;
- б) в даному методі не потрібні дорогі препарати;
- в) в даному методі використовують як індикаторні, так і безіндикаторні способи фіксування точки еквівалентності.

В

- а) робоча речовина стандартного розчину – сильна отрута!!!
- б) робоча речовина стандартного розчину є дорогою та дефіцитною;
- в) титрування не можна проводити на прямому сонячному світлі.

ТЕМА 5.5. МЕТОДИ КОМПЛЕКСОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ

Сутність комплексометричного титрування. Вимоги до реакцій в комплексометричному титруванні. Найважливіші неорганічні й органічні титранти.

Меркуриметрія. Робочі розчини, стандартні речовини, індикатори, використання методу.

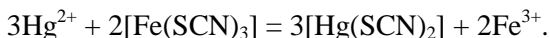
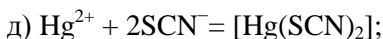
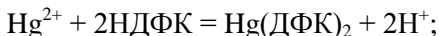
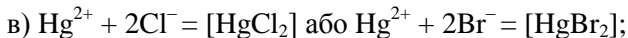
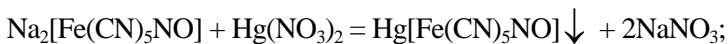
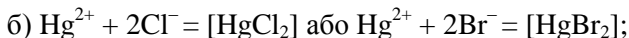
Комплексонометрія. Етилендіамінтетраацетатна кислота та її динатрієва сіль (ЕДТА) як титранти в комплексонометрії. Криві комплексонометричного титрування. Способи комплексонометричного титрування (пряме, обернене титрування, титрування замісника). Металохромні індикатори та принцип їх дії.

Застосування комплексонометрії. Визначення загальної твердості води. Визначення вмісту кальцій- та магній-іонів при спільній їх присутності.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ

272. В групі Б вкажіть способи фіксування точки еквівалентності для типових прикладів титрування за допомогою неорганічних титрантів, наведених в групі А.

А



Б

а) за утворенням незникаючої каламуті червоного осаду, яка утворюється при взаємодії надлишку титранту з продуктом титриметричної реакції;

б) за появою незникаючої каламуті білого осаду, яка утворюється при взаємодії надлишку титранту з продуктом титриметричної реакції (метод Лібіха);

в) за зникненням червоного забарвлення розчину при взаємодії надлишку титранту з індикатором;

г) за утворенням білого нерозчинного осаду при взаємодії надлишку титранту з індикатором натрій нітропрусидом;

д) за утворенням забарвленої в синьо-фіолетовий колір комплексної сполуки індикатора дифенілкарбазиду або дифенілкарбазону з надлишком титранту.

273. Від яких факторів залежить величина стрибка титрування на кривих комплексонометричного титрування?

а) від концентрації йона, що визначають;

б) від умовної константи стійкості комплексонатів металів;

в) від рН розчину;

г) від присутності стороннього ліганду;

д) від вибору індикатору;

е) від швидкості титрування;

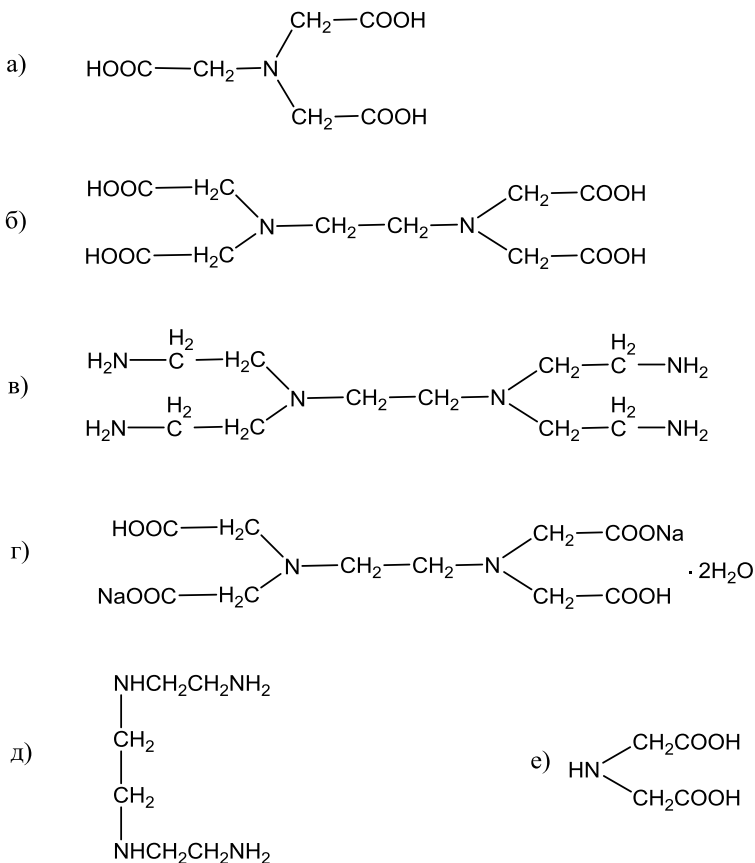
є) від концентрації титранту.

274. Яка з наведених сполук, що є комплексоном, має назву

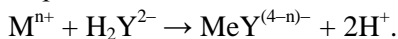
1. Комплексон І;

2. Комплексон ІІ;

3. Комплексон ІІІ (ЕДТА, трилон Б, хелатон ІІІ, версен)?

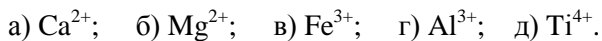


275. Взаємодію йону металу з ЕДТА можна представити у вигляді наступного рівняння:



В групі Б вкажіть молярні маси еквівалента йонів металів групи А при їх комплексонометричному визначенні титруванням розчином ЕДТА.

А



Б

- а) M ; б) $M/2$; в) $M/3$; г) $M/4$.

276. Які речовини придатні для стандартизації розчину ЕДТА?

- а) CaCO_3 ; б) CaCl_2 ; в) ZnO ;
г) Zn ; д) ZnSO_4 ; е) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

277. Які індикатори використовують в комплексометрії?

- а) адсорбційні індикатори;
б) специфічні індикатори;
в) кислотно-основні індикатори;
г) металохромні індикатори.

278. Які з наведених нижче індикаторів є металохромними індикаторами (метал-індикаторами)?

- а) мурексид;
б) ксиленоловий оранжевий;
в) метиловий оранжевий;
г) еріохромовий чорний Т;
д) кислотний хромовий темно-синій;
е) дифеніламін;
є) конго червоний;
ж) арсеназо.

279. Яким вимогам повинні відповідати металохромні індикатори?

а) зміна забарвлення в кінцевій точці титрування повина бути контрастною;

б) стійкість сполук індикатора з йонами, що визначають, повинна бути більшою за стійкість комплексонатів йонів металів;

в) стійкість комплексонатів йонів металів повинна бути більшою, ніж стійкість сполук метал-індикаторів з йонами металів, що визначають;

г) комплекс йону металу з індикатором повинен бути лабільним, тобто швидко руйнуватись при дії ЕДТА;

д) комплекс йону металу з індикатором повинен повільно руйнуватись при дії ЕДТА.

280. Який спосіб комплексонометричного титрування, вказаний в групі Б, слід використовувати для випадків титрування, наведених в групі А?

А

а) йон металу, що визначають, швидко реагує з ЕДТА, наприклад, йони Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} та інші; для визначення кінцевої точки титрування є відповідний індикатор;

б) індикатор утворює з йоном металу, що визначають, настільки стійкий комплекс, що ЕДТА не може витіснити індикатор (наприклад, йони ртуті(II) в присутності індикатора еріохромового чорного);

в) визначаються йони металів (наприклад Ba^{2+}), які утворюють з ЕДТА стійкі комплекси, але для фіксування кінцевої точки титрування немає відповідного індикатора. Йони металів, що визначають, утворюють з ЕДТА більш стійкі комплекси ніж комплекси йонів Mg^{2+} або Zn^{2+} з ЕДТА.

г) комплекси йону, що визначають, з ЕДТА кінетично інертні, тобто реакція комплексоутворення проходить дуже повільно (наприклад, при визначенні $Cr(III)$, $Co(III)$);

д) йон металу, що визначають, не утворює комплексів з ЕДТА.

Б

а) пряме титрування;

б) обернене титрування, засноване на додаванні надлишку розчину ЕДТА, нагріванні до кипіння (якщо необхідно), введенні індикатора і наступному титруванні на холоді надлишку розчину ЕДТА стандартним розчином солі іншого металу (Магнію, Цинку та ін.);

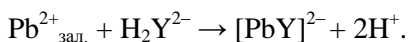
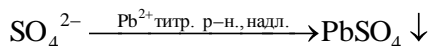
в) титрування замісника, засноване на реакції типу



в результаті якої йони M^{n+} , що визначають, витісняють еквівалентну кількість йонів магнію (або цинку) з порівняно слабкого комплексу його з ЕДТА. Витіснені йони Mg^{2+} (Zn^{2+}) відтитровують розчином ЕДТА;

г) непрямі методи визначення (реакцію комплексоутворення поєднують з реакціями осадження або з іншими реакціями (визначення йонів K^+ , аніонів).

Наприклад:



281. В яких одиницях виражається твердість води?

а) в процентах;

б) в мг/дм³ сумарного вмісту Кальцію та Магнію;

в) в ммоль еквівалента розчинних солей Кальцію та Магнію, що містяться в 1 дм³ води;

г) в градусах твердості.

282. Розрізняють: а) загальну; б) карбонатну, в) некарбонатну твердість води. Який вид твердості визначається титруванням ЕДТА?

283. Яких умов необхідно дотримуватися при комплексонометричному визначенні загальної твердості води?

а) титрування проводити в слабкокислому середовищі в присутності ацетатної буферної суміші;

б) титрування проводити при $\text{pH} \approx 10$, в присутності амоніачної буферної суміші;

в) титрування проводити в лужному середовищі, $\text{pH} > 12$;

г) як індикатор використовувати кислотний хромовий темно-синій;

д) як індикатор використовувати еріохромовий чорний Т;

е) для попередження впливу на результати визначення йонів, що заважають, використовувати маскуючі агенти.

284. Які йони групи А заважають комплексометричному визначенню твердості води з індикатором еріохромовим чорним Т? В групі Б вкажіть причини заважаючого впливу, в групі В – способи усунення впливу йонів, що заважають, на результати визначення.

А

а) Cl^- ; б) SO_4^{2-} ; в) Mn^{2+} ; г) Cu^{2+} ;

д) Zn^{2+} ; е) HCO_3^- ; є) Fe^{2+} , Fe^{3+} .

Б

а) даний йон титрується як солі твердості;

б) комплекс даного йону з індикатором більш стійкий, ніж з ЕДТА, що ускладнює визначення кінцевої точки титрування;

в) заважає забарвлення йону.

В

а) осадження йонів у вигляді сульфідів дією Na_2S ;

б) зв'язування в комплекс калій ціанідом;

в) введення хлориднокислого гідроксиламіну ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) для попередження окиснення йонів киснем повітря.

285. Як можна визначити окремий вміст йонів кальцію та магнію в воді?

1. Використовувати дві аліквоти. В одній аліквоті – визначити суму йонів кальцію та магнію за стандартною методикою, в іншій – визначити вміст йонів кальцію титруванням розчином ЕДТА при $\text{pH} > 12$ з індикатором мурексидом. Вміст йонів магнію визначити за різницею.

2. Використовувати дві аліквоти. В одній визначити суму йонів кальцію та магнію за стандартною методикою, в іншій – осадити кальцій у вигляді кальцій оксалату і відтитрувати йони магнію розчином ЕДТА у присутності амоніачно-буферній суміші, використовуючи індикатор еріохромовий чорний Т або кислотний хром темно-синій.

3. Визначити спочатку вміст Кальцію титруванням проби розчином ЕДТА з мурексидом при $\text{pH} > 12$, потім змінити pH і визначити вміст Магнію в тому ж розчині титруванням його розчином ЕДТА з еріохромовим чорним Т в присутності амоніачно-буферної суміші.

286. В групі А вкажіть умови визначення, в групі Б – індикатор, в групі В – перехід забарвлення при прямому комплексометричному визначенні Магнію при відсутності кальцієвих солей.

А

а) $\text{pH} \geq 12$; б) $\text{pH} = 10$; в) кисле середовище.

Б

а) мурексид;
б) еріохромовий чорний Т;
в) кислотний хромовий темно-синій.

В

а) винно-червоне – синє;

- б) червоне – синє-фіолетове
- в) жовте – червоно-фіолетове.

287. З якою метою при комплексонометричному визначенні Кальцію з індикатором еріохромовим чорним Т за відсутності Магнію в досліджуваній розчин вводять невелику (точно відому) кількість Магнію?

1. За відсутності Магнію не утворюється комплексна сполука Кальцію з титрантом;
2. За відсутності Магнію не утворюється комплексна сполука Кальцію з індикатором;
3. Комплекс Кальцію з еріохромовим чорним Т внаслідок малої стійкості не може бути хорошою індикаторною системою. Йони магнію додають для утворення іншої індикаторної системи.

288. Пояснити причину зміни забарвлення індикатора хромогену чорного при комплексонометричному визначенні твердості води.

- а) ЕДТА руйнує забарвлені у винно-червоний колір сполуки індикатора з кальцій- і магній-іонами і звільняється вільний індикатор синього коліру;
- б) проходить руйнування забарвлених у винно-червоний колір сполук індикатора з кальцій- і магній-іонами і утворення забарвлених комплексних сполук кальцій- і магній-іонів з ЕДТА.
- в) проходить руйнування гідроген-іонами, які накопичуються у розчині, забарвлених у винно-червоний колір сполук індикатора з кальцій- і магній-іонами.
- г) ЕДТА руйнує забарвлені у винно-червоний колір сполуки індикатора з кальцій- і магній-іонами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сегеда А. С. Аналітична хімія. Якісний аналіз. – Навчально-методичний посібник / А. С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
2. Пилипенко А. Т. Аналитическая химия Т. 1-2. / А. Т. Пилипенко, И. В. Пятницкий. – М.: Химия, 1990. – Т. 1. – 479 с., Т. 2. – 845 с.
3. Основы аналитической химии. В 2 кн. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2004.–Т. 1. – 361 с., Т. 2. – 503 с.
4. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Т. 1, 2 / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, АСТ, 2004. – Т. 1. – 608 с., Т. 2. – 728 с.
5. Янсон Э. Ю. Теоретические основы аналитической химии / Э. Ю. Янсон. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
6. Скуг Д. Основы аналитической химии / Д. Скуг, Д. Уэст; пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, 1979. – 480 с.
7. Мінаєва В. О. Аналітична хімія: курс лекцій (Частина 1) Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 282 с.
8. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
9. Волков А. И., Жарский И. М. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Мн.: Современная школа, 2005. – 608 с.
10. Елементи хімічні та речовини прості. Терміни та визначення основних понять. Умовні позначення: ДСТУ 2439–94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. Держстандарт України, 1995. – 17 с.

Додаток 1

Константи йонізації найважливіших кислот і основ

| Назва кислоти | Формула | Константи йонізації, K_a | pK_a |
|---------------------------|--|---|-------------------------------|
| Ацетатна (етанова) | CH_3COOH | K $1,74 \cdot 10^{-5}$ | 4,76 |
| Етилендіамінтетрацетатна | H_4Y (EDTA) | K_1 $1,0 \cdot 10^{-2}$ K_2 $2,1 \cdot 10^{-3}$ K_3 $6,9 \cdot 10^{-7}$ K_4 $5,5 \cdot 10^{-11}$ | 2,00 2,67 6,16 10,26 |
| Карбонатна | H_2CO_3 | K_1 $4,5 \cdot 10^{-7}$ K_2 $4,8 \cdot 10^{-11}$ | 6,35 10,32 |
| Нітритна (нітратна(III)) | HNO_2 | K $5,1 \cdot 10^{-4}$ | 3,29 |
| Оксалатна (щавлева) | $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | K_1 $5,6 \cdot 10^{-2}$ K_2 $5,4 \cdot 10^{-5}$ | 1,25 4,27 |
| Сульфатна(IV) (сульфітна) | H_2SO_3 | K_1 $1,4 \cdot 10^{-2}$ K_2 $6,2 \cdot 10^{-8}$ | 1,85 7,20 |
| Сульфатна(VI) | H_2SO_4 | K_2 $1,15 \cdot 10^{-2}$ | 1,94 |
| Сульфідна | H_2S | K_1 $1,0 \cdot 10^{-7}$ K_2 $2,5 \cdot 10^{-13}$ | 7,00 12,60 |
| Тартратна (винна) | $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ | K_1 $9,1 \cdot 10^{-4}$ K_2 $4,3 \cdot 10^{-5}$ | 3,04 4,37 |
| Тетраборатна | $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ | K_1 $1,8 \cdot 10^{-4}$ K_2 $2,0 \cdot 10^{-8}$ | 3,74 7,70 |
| Флуоридна | HF | K $6,2 \cdot 10^{-4}$ | 3,21 |
| Форміатна (метанова) | HCOOH | K $1,8 \cdot 10^{-4}$ | 3,75 |
| Фосфатна(V) | H_3PO_4 | K_1 $7,1 \cdot 10^{-3}$ K_2 $6,2 \cdot 10^{-8}$ K_3 $5,0 \cdot 10^{-13}$ | 2,15 7,21 12,30 |
| Ціанідна | HCN | K $5,0 \cdot 10^{-10}$ | 9,30 |
| Янтарна (бурштинова) | $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ | K_1 $1,6 \cdot 10^{-5}$ K_2 $2,3 \cdot 10^{-6}$ | 4,21 5,63 |
| | | | |
| Назва основи | Формула | Константи йонізації, K_b | pK_b |
| Амоній гідроксид | $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | K $1,76 \cdot 10^{-5}$ | 4,755 |
| Аргентум(I) гідроксид | AgOH | K $5,0 \cdot 10^{-3}$ | 2,30 |
| Барій дигідроксид | $\text{Ba}(\text{OH})_2$ | K_2 $2,3 \cdot 10^{-1}$ | 0,64 |
| Кальцій дигідроксид | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | K_2 $4,0 \cdot 10^{-2}$ | 1,40 |

**Добутки розчинності (ДР) деяких малорозчинних у воді сполук
(за температури 25 °С)**

| Сполука | Назва сполуки | ДР |
|--|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| AgBr | Аргентум бромід | $5,3 \cdot 10^{-13}$ |
| AgCH ₃ COO | Аргентум ацетат (етаноат) | $4,0 \cdot 10^{-3}$ |
| Ag ₂ CO ₃ | Аргентум карбонат | $1,2 \cdot 10^{-12}$ |
| Ag ₂ C ₂ O ₄ | Діаргентум оксалат | $3,5 \cdot 10^{-11}$ |
| AgCl | Аргентум хлорид | $1,78 \cdot 10^{-10}$ |
| Ag ₂ CrO ₄ | Діаргентум хромат(VI) | $1,1 \cdot 10^{-12}$ |
| Ag ₂ Cr ₂ O ₇ | Діаргентум дихромат(VI) | $1,0 \cdot 10^{-10}$ |
| AgI | Аргентум йодид | $8,3 \cdot 10^{-17}$ |
| Ag ₃ PO ₄ | Аргентум фосфат(V) | $1,3 \cdot 10^{-20}$ |
| Ag ₂ S | Діаргентум сульфід | $6,3 \cdot 10^{-50}$ |
| AgSCN | Аргентум тиоціанат | $1,1 \cdot 10^{-12}$ |
| Ag ₂ SO ₃ | Аргентум сульфат(IV) | $1,5 \cdot 10^{-14}$ |
| Ag ₂ SO ₄ | Аргентум сульфат(VI) | $1,6 \cdot 10^{-5}$ |
| Al(OH) ₃ (Al ³⁺ , 3OH ¹⁻) (AlOH ²⁺ , 2OH ¹⁻) (H ¹⁺ , AlO ₂ ¹⁻) | Алюміній тригідроксид | $3,2 \cdot 10^{-34}$ $3,2 \cdot 10^{-25}$ $1,6 \cdot 10^{-13}$ |
| AlPO ₄ | Алюміній фосфат(V) | $5,75 \cdot 10^{-19}$ |
| Ba(OH) ₂ | Барій дигідроксид | $5,0 \cdot 10^{-3}$ |
| BaCO ₃ | Барій карбонат | $4,0 \cdot 10^{-10}$ |
| BaC ₂ O ₄ | Барій оксалат | $1,1 \cdot 10^{-7}$ |
| BaCrO ₄ | Барій хромат(VI) | $1,2 \cdot 10^{-10}$ |
| Ba ₃ (PO ₄) ₂ | Трибарій дифосфат(V) | $6,0 \cdot 10^{-39}$ |
| BaSO ₃ | Барій сульфат(IV) | $8,0 \cdot 10^{-7}$ |
| BaSO ₄ | Барій сульфат(VI) | $1,1 \cdot 10^{-10}$ |
| BiI ₃ | Бісмут(III) йодид | $8,1 \cdot 10^{-19}$ |
| BiOCl (BiO ¹⁺ , Cl ¹⁻) | Бісмут(III) оксид хлорид | $7,0 \cdot 10^{-9}$ |
| CaCO ₃ | Кальцій карбонат | $3,8 \cdot 10^{-9}$ |
| CaC ₂ O ₄ | Кальцій оксалат | $2,3 \cdot 10^{-9}$ |
| CaCrO ₄ | Кальцій хромат(VI) | $7,1 \cdot 10^{-4}$ |
| CaF ₂ | Кальцій дифлуорид | $4,0 \cdot 10^{-11}$ |
| CaHPO ₄ (Ca ²⁺ , HPO ₄ ²⁻) | Кальцій гідрогенфосфат(V) | $2,7 \cdot 10^{-7}$ |
| Ca(H ₂ PO ₄) (Ca ²⁺ , H ₂ PO ₄ ¹⁻) | Кальцій дигідрогенфосфат(V) | $1,0 \cdot 10^{-3}$ |

продовження додатку 2

| 1 | 2 | 3 |
|---|-----------------------------------|---|
| Ca(OH) ₂ (Ca ²⁺ , 2OH ¹⁻) (CaOH ¹⁺ , OH ¹⁻) | Кальцій дигідроксид | 6,5·10 ⁻⁶ 9,1·10 ⁻⁵ |
| Ca ₃ (PO ₄) ₂ | Трикальцій дифосфат(V) | 2,0·10 ⁻²⁹ |
| CaSO ₃ | Кальцій сульфат(IV) | 3,2·10 ⁻⁷ |
| CaSO ₄ | Кальцій сульфат(VI) | 2,5·10 ⁻⁵ |
| Cd(OH) ₂ (Cd ²⁺ , 2OH ¹⁻) (свіжоосаджений) Cd(OH) ₂ (Cd ²⁺ , 2OH ¹⁻) (після старіння) Cd(OH) ₂ (H ¹⁺ , HCdO ₂ ²⁻) | Кадмій дигідроксид | 2,2·10 ⁻¹⁴ 5,9·10 ⁻¹⁵ 2,0·10 ⁻¹⁹ |
| CdS | Кадмій сульфід | 1,6·10 ⁻²⁸ |
| Co(OH) ₂ (блакитний) | Кобальт дигідроксид | 6,3·10 ⁻¹⁵ |
| Co(OH) ₂ (рожевий, свіжоосаджений) | | 1,6·10 ⁻¹⁵ |
| Co(OH) ₃ | Кобальт тригідроксид | 4,0·10 ⁻⁴⁵ |
| Cr(OH) ₃ (Cr ³⁺ , 3OH ¹⁻) (CrOH ²⁺ , 2OH ¹⁻) (H ¹⁺ , H ₂ CrO ₃ ¹⁻) | Хром тригідроксид | 6,3·10 ⁻³¹ 7,9·10 ⁻²¹ 4,0·10 ⁻¹⁵ |
| CuCO ₃ | Купрум(II) карбонат | 2,5·10 ⁻¹⁰ |
| CuCrO ₄ | Купрум(II) хромат(VI) | 3,6·10 ⁻⁶ |
| Cu ₂ [Fe(CN) ₆] | Купрум(II) гексаціаноферат(II) | 1,3·10 ⁻¹⁶ |
| CuI | Купрум(I) йодид | 1,1·10 ⁻¹² |
| Cu(OH) ₂ (Cu ²⁺ , 2OH ¹⁻) (CuOH ⁺ , OH ¹⁻) (H ¹⁺ , HCuO ₂ ¹⁻) | Купрум дигідроксид | 8,3·10 ⁻²⁰ 8,3·10 ⁻¹² 1,0·10 ⁻¹⁹ |
| Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃ (малахіт) | Дикупрум дигідроксид карбонат | 1,7·10 ⁻³⁴ |
| Cu ₂ S | Дикупрум сульфід | 2,5·10 ⁻⁴⁸ |
| CuSCN | Купрум(I) тіоціанат | 4,8·10 ⁻¹⁵ |
| CuS | Купрум(II) сульфід | 6,3·10 ⁻³⁶ |
| FeCO ₃ | Ферум(II) карбонат | 3,5·10 ⁻¹¹ |
| Fe(OH) ₂ (Fe ²⁺ , 2OH ¹⁻) (FeOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (H ¹⁺ , HFeO ₂ ¹⁻) | Ферум дигідроксид | 7,2·10 ⁻¹⁶ 2,2·10 ⁻¹¹ 8,0·10 ⁻²⁰ |

продовження додатку 2

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| Fe(OH) ₃ (Fe ³⁺ , 3OH ¹⁻) (свіжоосаджений) (Fe ³⁺ , 3OH ¹⁻) (після старіння) | Ферум тригідроксид | 6,3·10 ⁻³⁸ 3,2·10 ⁻⁴⁰ |
| Fe(OH) ₃ (Fe(OH) ₂ ¹⁻ , OH ¹⁻) (Fe(OH) ₂ ²⁺ , 2OH ¹⁻) | Ферум тригідроксид | 6,8·10 ⁻¹⁸ 2,0·10 ⁻²⁸ |
| FePO ₄ | Ферум(III) фосфат | 1,3·10 ⁻²² |
| FeS | Ферум(II) сульфід | 5,0·10 ⁻¹⁸ |
| FeS ₂ (Fe ²⁺ , S ₂ ²⁻) | Ферум(II) дисульфід | 6,3·10 ⁻³¹ |
| Hg ₂ Cl ₂ (Hg ₂ ²⁺ , 2Cl ¹⁻) | Димеркурій дихлорид | 1,3·10 ⁻¹⁸ |
| Hg ₂ CrO ₄ (Hg ₂ ²⁺ , CrO ₄ ²⁻) | Димеркурій хромат(VI) | 5,0·10 ⁻⁹ |
| Hg ₂ I ₂ (Hg ₂ ²⁺ , 2I ¹⁻) | Димеркурій дйодид | 4,5·10 ⁻²⁹ |
| HgS (чорний) HgS (червоний) | Меркурій(II) сульфід | 1,6·10 ⁻⁵² 4,0·10 ⁻⁵³ |
| Hg ₂ (SCN) ₂ (Hg ₂ ²⁺ , 2SCN ¹⁻) | Димеркурій дитіоціанат | 3,0·10 ⁻²⁰ |
| Hg ₂ SO ₄ (Hg ₂ ²⁺ , SO ₄ ²⁻) | Димеркурій сульфат(VI) | 6,8·10 ⁻⁷ |
| K ₃ [Co(NO ₂) ₆] (3K ¹⁺ , [Co(NO ₂) ₆] ³⁻) | Калій гексанітрокобальтат(III) | 4,3·10 ⁻¹⁰ |
| K ₂ Na[Co(NO ₂) ₆] (2K ¹⁺ , Na ¹⁺ , [Co(NO ₂) ₆] ³⁻) | Дикалій натрій гексанітрокобальтат(III) | 2,2·10 ⁻¹¹ |
| MgNH ₄ PO ₄ | Амоній магній фосфат(V) | 2,5·10 ⁻¹³ |
| Mg(OH) ₂ (свіжоосаджений) Mg(OH) ₂ (Mg ²⁺ , 2OH ¹⁻) (MgOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (після старіння) | Магній дигідроксид | 6,0·10 ⁻¹⁰ 7,1·10 ⁻¹² 2,6·10 ⁻⁹ |
| Mg ₃ (PO ₄) ₂ | Тримагній дифосфат | 1,0·10 ⁻¹³ |
| MgCO ₃ | Магній карбонат | 2,1·10 ⁻⁵ |
| MnCO ₃ | Манган карбонат | 1,8·10 ⁻¹¹ |
| Mn(OH) ₂ (Mn ²⁺ , 2OH ¹⁻) (MnOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (H ¹⁺ , HMnO ₂ ¹⁻) | Манган дигідроксид | 1,9·10 ⁻¹³ 4,9·10 ⁻¹⁰ 1,0·10 ⁻¹⁹ |

продовження додатку 2

| 1 | 2 | 3 |
|--|-------------------------------------|---|
| MnS (тілесного кольору) MnS (зелений) | Манган(II) сульфід | $2,5 \cdot 10^{-10}$ $2,5 \cdot 10^{-13}$ |
| $(\text{NH}_4)_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ $(3\text{NH}_4^+, [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-})$ | Амоній гексанітрокобальтат(III) | $7,6 \cdot 10^{-6}$ |
| $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ $(\text{Na}^{1+}, [\text{Sb}(\text{OH})_6]^{1-})$ | Натрій гексагідроксо- стибат(VI) | $4,8 \cdot 10^{-8}$ |
| $\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2\text{N}_2)_2$ | Нікель(II) диметилглюксимат | $2,3 \cdot 10^{-25}$ |
| NiCO_3 | Нікель(II) карбонат | $1,3 \cdot 10^{-7}$ |
| $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (свіжоодержаний) $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (після старіння) | Нікель дигідроксид | $2,0 \cdot 10^{-15}$ $6,3 \cdot 10^{-18}$ |
| $\text{NiS } \alpha$ $\text{NiS } \beta$ $\text{NiS } \gamma$ | Нікель(II) сульфід | $3,2 \cdot 10^{-19}$ $1,0 \cdot 10^{-24}$ $2,0 \cdot 10^{-26}$ |
| PbCO_3 | Плюмбум(II) карбонат | $7,5 \cdot 10^{-15}$ |
| PbCl_2 | Плюмбум дихлорид | $1,6 \cdot 10^{-5}$ |
| PbCrO_4 | Плюмбум(II) хромат(VI) | $1,8 \cdot 10^{-14}$ |
| PbI_2 | Плюмбум дийодид | $1,1 \cdot 10^{-9}$ |
| PbO_2 $(\text{Pb}^{4+}, 4\text{OH}^{1-})$ | Плюмбум диоксид | $3,0 \cdot 10^{-66}$ |
| $\text{Pb}(\text{OH})_2$ $(\text{Pb}^{2+}, 2\text{OH}^{1-})$ (жовтий) $(\text{Pb}^{2+}, 2\text{OH}^-)$ (червоний) $(\text{PbOH}^{1+}, \text{OH}^{1-})$ $(\text{H}^{1+}, \text{HPbO}_2^{1-})$ | Плюмбум дигідроксид | $7,9 \cdot 10^{-16}$ $5,0 \cdot 10^{-16}$ $1,0 \cdot 10^{-9}$ $3,2 \cdot 10^{-16}$ |
| $\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ | Диплюмбум дигідроксид Карбонат | $3,5 \cdot 10^{-46}$ |
| $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ | Триплюмбум дифосфат(V) | $7,9 \cdot 10^{-43}$ |
| PbS | Плюмбум(II) сульфід | $2,5 \cdot 10^{-27}$ |
| PbSO_4 | Плюмбум(II) сульфат(VI) | $1,6 \cdot 10^{-8}$ |
| $\text{Sn}(\text{OH})_2$ $(\text{Sn}^{2+}, 2\text{OH}^{1-})$ $(\text{SnOH}^{1+}, \text{OH}^{1-})$ $(\text{H}^{1+}, \text{HsnO}_2^{1-})$ | Станум дигідроксид | $6,3 \cdot 10^{-27}$ $2,5 \cdot 10^{-16}$ $1,3 \cdot 10^{-15}$ |
| $\text{Sn}(\text{OH})_4$ | Станум тетрагідроксид | $1,0 \cdot 10^{-57}$ |
| SnS | Станум(II) сульфід | $2,5 \cdot 10^{-27}$ |
| SrCO_3 | Стронцій карбонат | $1,1 \cdot 10^{-10}$ |
| SrC_2O_4 | Стронцій оксалат | $1,6 \cdot 10^{-7}$ |
| SrCrO_4 | Стронцій хромат(VI) | $3,6 \cdot 10^{-5}$ |
| $\text{Sr}(\text{OH})_2$ | Стронцій дигідроксид | $3,2 \cdot 10^{-4}$ |

продовження додатку 2

| 1 | 2 | 3 |
|---|------------------------------------|--|
| $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$ | Тристронцій дифосфат(V) | $1,0 \cdot 10^{-31}$ |
| SrSO_4 | Стронцій сульфат(VI) | $3,2 \cdot 10^{-7}$ |
| ZnCO_3 | Цинк карбонат | $1,45 \cdot 10^{-11}$ |
| $\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ | Цинк гексаціаноферат(II) | $2,1 \cdot 10^{-16}$ |
| $\text{Zn}[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ (Zn^{2+} , $[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-}$) | Цинк тетраціанато- меркурат(II) | $2,2 \cdot 10^{-7}$ |
| $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (Zn^{2+} , 2OH^{1-}) (ZnOH^{1+} , OH^{1-}) | Цинк дигідроксид | $1,4 \cdot 10^{-17}$ $1,4 \cdot 10^{-11}$ |
| $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ | Трицинк дифосфат | $9,1 \cdot 10^{-33}$ |
| ZnS (сфалерит) | Цинк сульфід | $1,6 \cdot 10^{-24}$ |
| ZnS (вюрцит) | | $2,5 \cdot 10^{-22}$ |

Додаток 3

Стандартні електродні потенціали деяких систем у водних розчинах

| Рівняння процесу | E° , В |
|---|---------------|
| 1 | 2 |
| АРГЕНТУМ | |
| $\text{Ag}^{2+} + e = \text{Ag}^{1+}$ | 2,00 |
| АЛЮМІНІЙ | |
| $\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$ | -1,66 |
| АРСЕН | |
| $\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{AsO}_2^{1-} + 4\text{OH}^{1-}$ | -0,710 |
| $\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,560 |
| АУРУМ | |
| $\text{Au}^{3+} + 2e = \text{Au}^{1+}$ | 1,410 |
| $\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}$ | 1,500 |
| $\text{Au}^{1+} + e = \text{Au}$ | 1,680 |
| БІСМУТ | |
| $\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^{1+} + 2e = \text{BiO}^{1+} + \text{Na}^{1+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,800 |
| БРОМ | |
| $2\text{BrO}^{1-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}_2 + 4\text{OH}^{1-}$ | 0,450 |
| $2\text{BrO}_3^{1-} + 6\text{H}_2\text{O} + 10e = \text{Br}_2 + 12\text{OH}^{1-}$ | 0,500 |
| $\text{CrO}_5^{1-} + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Br}^{1-} + 6\text{OH}^{1-}$ | 0,610 |
| $\text{BrO}^{1-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}^{1-} + 2\text{OH}^{1-}$ | 0,760 |

продовження додатку 3

| 1 | 2 |
|---|--------|
| $\text{Br}_2 + 2e = 2\text{Br}^{1-}$ | 1,087 |
| $\text{BrO}_3^{1-} + 6\text{H}^{1+} + 6e = \text{Br}^{1-} + 3\text{H}_2\text{O}$ | 1,450 |
| $2\text{BrO}_3^{1-} + 12\text{H}^{1+} + 10e = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ | 1,520 |
| $2\text{HBrO} + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,600 |
| КАРБОН | |
| $2\text{CO}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | -0,490 |
| $\text{CO}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{HCOOH}$ | -0,200 |
| $\text{CO}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ | -0,120 |
| $\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^{1+} + 4e = \text{C} + 3\text{H}_2\text{O}$ | 0,475 |
| КАЛЬЦІЙ | |
| $\text{Ca}^{2+} + 2e = \text{Ca}$ | -2,866 |
| КАДМІЙ | |
| $\text{Cd}^{2+} + 2e = \text{Cd}$ | -0,403 |
| КОБАЛЬТ | |
| $\text{Co}^{3+} + 3e = \text{Co}$ | 0,460 |
| $\text{Co}^{3+} + e = \text{Co}^{2+}$ | 1,950 |
| ХЛОР | |
| $2\text{ClO}^{1-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^{1-}$ | 0,400 |
| $\text{ClO}_3^{1-} + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Cl}^{1-} + 6\text{OH}^-$ | 0,630 |
| $\text{ClO}^{1-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}^{1-} + 2\text{OH}^-$ | 0,880 |
| $\text{ClO}_4^{1-} + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{ClO}_3^{1-} + \text{H}_2\text{O}$ | 1,190 |
| $\text{Cl}_2 + 2e = 2\text{Cl}^{1-}$ | 1,359 |
| $\text{ClO}_4^{1-} + 8\text{H}^{1+} + 8e = \text{Cl}^{1-} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 1,380 |
| $\text{ClO}_3^{1-} + 6\text{H}^{1+} + 6e = \text{Cl}^{1-} + 3\text{H}_2\text{O}$ | 1,450 |
| ХРОМ | |
| $\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}$ | -0,740 |
| $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^{1-}$ | -0,130 |
| $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^{1+} + 3e = \text{CrO}_2^{1-} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,945 |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{1+} + 6e = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ | 1,333 |
| $\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^{1+} + 3e = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 1,477 |
| КУПРУМ | |
| $\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^{1+}$ | 0,159 |
| $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$ | 0,640 |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- + e = \text{CuI}$ | 0,860 |
| ФЛЮОР | |
| $\text{F}_2 + 2e = 2\text{F}^{1-}$ | 2,870 |
| ФЕРУМ | |
| $\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$ | -0,473 |
| $\text{Fe}^{3+} + 3e = \text{Fe}$ | -0,058 |
| $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$ | 0,771 |

продовження додатку 3

| 1 | 2 |
|---|--------|
| ГІДРОГЕН | |
| $H_2 + 2e = 2H^{1-}$ | -2,250 |
| $2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^{1-}$ | -0,828 |
| $2H^{1+} (10^{-7} M) + 2e = H_2$ | -0,414 |
| $2H^{1+} + 2e = H_2$ | 0,000 |
| $H_2O_2 + 2H^{1+} + 2e = 2H_2O$ | 1,770 |
| МЕРКУРІЙ | |
| $Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg$ | 0,792 |
| $Hg^{2+} + 2e = Hg$ | 0,850 |
| $2Hg_2^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$ | 0,907 |
| ЙОД | |
| $I_2 + 2e = 2I^{1-}$ | 0,536 |
| $I_3^{1-} + 2e = 3I^{1-}$ | 0,545 |
| $IO_3^{1-} + 6H^+ + 6e = I^{1-} + 3H_2O$ | 1,080 |
| $2IO_3^{1-} + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$ | 1,190 |
| $2IO_3^{1-} + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^{1-}$ | 0,210 |
| $IO_3^{1-} + 3H_2O + 6e = I^{1-} + 6OH^{1-}$ | 0,260 |
| МАГНІЙ | |
| $Mg^{2+} + 2e = Mg$ | -2,370 |
| МАНГАН | |
| $Mn(OH)_2 + 2e = Mn + 2OH^{1-}$ | -1,550 |
| $Mn^{2+} + 2e = Mn$ | -1,170 |
| $MnO_4^{1-} + e = MnO_4^{2-}$ | 0,558 |
| $MnO_4^{1-} + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^{1-}$ | 0,600 |
| $MnO_2 + 4H^{1+} + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$ | 1,230 |
| $MnO_4^{1-} + 8H^{1+} + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$ | 1,510 |
| $Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$ | 1,510 |
| $MnO_4^{1-} + 4H^{1+} + 3e = MnO_2 + 2H_2O$ | 1,690 |
| $MnO_4^{2-} + 4H^{1+} + 2e = MnO_2 + 2H_2O$ | 2,257 |
| НІТРОГЕН | |
| $NO_2^{1-} + H_2O + e = NO + 2OH^{1-}$ | -0,460 |
| $NO_3^{1-} + 2H_2O + 3e = NO + 4OH^{1-}$ | -0,140 |
| $NO_3^{1-} + 7H_2O + 8e = NH_3 \cdot H_2O + 9OH^{1-}$ | -0,120 |
| $NO_3^{1-} + H_2O + 2e = NO_2^{1-} + 2OH^{1-}$ | 0,010 |
| $2NO_2^{1-} + 4H_2O + 6e = N_2 + 8OH^{1-}$ | 0,410 |
| $NO_3^{1-} + 2H^{1+} + e = NO_2 + H_2O$ | 0,800 |
| $NO_3^{1-} + 10H^{1+} + 8e = NH_4^+ + 3H_2O$ | 0,870 |
| $NO_3^{1-} + 4H^{1+} + 3e = NO + 2H_2O$ | 0,960 |
| $HNO_2 + H^{1+} + e = NO + H_2O$ | 0,980 |
| $2HNO_2 + 4H^{1+} + 4e = N_2O + 3H_2O$ | 1,290 |
| $2HNO_2 + 6H^{1+} + 6e = N_2 + 4H_2O$ | 1,440 |
| $2NO + 4H^{1+} + 4e = N_2 + 2H_2O$ | 1,680 |
| $N_2O + 2H^{1+} + 2e = N_2 + H_2O$ | 1,770 |
| НІКЕЛЬ | |
| $Ni^{2+} + 2e = Ni$ | -0,228 |

| 1 | 2 |
|--|--------|
| ОКСИГЕН | |
| $O_3 + H_2O + 2e = O_2 + 2OH^{1-}$ | 0,020 |
| $O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^{1-}$ | 0,401 |
| $O_2 + 2H^{1+} + 2e = H_2O_2$ | 0,682 |
| $O_2 + 4H^{1+} + 4e = 2H_2O$ | 1,229 |
| $H_2O_2 + 2H^{1+} + 2e = 2H_2O$ | 1,770 |
| $O_3 + 2H^{1+} + 2e = O_2 + H_2O$ | 2,070 |
| ПЛЮМБУМ | |
| $Pb^{2+} + 2e = Pb$ | -0,126 |
| $PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^{1-}$ | 0,280 |
| $Pb^{4+} + 4e = Pb$ | 0,770 |
| $PbO_2 + 4H^{1+} + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$ | 1,455 |
| $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^{1+} + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$ | 1,690 |
| $Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$ | 1,694 |
| СУЛЬФУР | |
| $SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^{1-}$ | -0,930 |
| $2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^{1-}$ | -0,760 |
| $SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^{1-}$ | -0,660 |
| $2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^{1-}$ | -0,580 |
| $S + 2e = S^{2-}$ | -0,480 |
| $S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$ | 0,090 |
| $S + 2H^{1+} + 2e = H_2S$ | 0,171 |
| $SO_4^{2-} + 10H^{1+} + 8e = H_2S + 4H_2O$ | 0,310 |
| $SO_4^{2-} + 8H^{1+} + 6e = S + 4H_2O$ | 0,360 |
| $H_2SO_3 + 4H^{1+} + 4e = S + 3H_2O$ | 0,450 |
| $S_2O_3^{2-} + 6H^{1+} + 4e = 2S + 3H_2O$ | 0,500 |
| $S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$ | 2,010 |
| СТИБІЙ | |
| $Sb + 3H^{1+} + 3e = SbH_3$ | -0,510 |
| $SbO_3^{1-} + H_2O + 2e = SbO_2^{1-} + 2OH^{1-}$ | -0,430 |
| $Sb^{3+} + 3e = Sb$ | 0,200 |
| $SbO_2^{1-} + 4H^{1+} + 3e = Sb + 2H_2O$ | 0,446 |
| СТАНУМ | |
| $Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^{1-} + 3OH^{1-} + H_2O$ | -0,930 |
| $SnCl_4^{2-} + 2e = Sn + 4Cl^{1-}$ | -0,190 |
| $Sn^{2+} + 2e = Sn$ | -0,140 |
| $SnO_2 + 4H^{1+} + 4e = Sn + 2H_2O$ | -0,106 |
| $Sn^{4+} + 4e = Sn$ | 0,010 |
| $Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$ | 0,150 |
| ЦИНК | |
| $Zn^{2+} + 2e = Zn$ | -0,764 |

**Значення загальних констант нестійкості комплексних йонів
(20–25 °C)**

| Комплексо- утворювачі | Йонізація комплексів | Константа нестійкості, $K_{\text{н}}$ |
|---|---|--|
| Ag^{1+} | $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{1+} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{NH}_3$ | $5,75 \cdot 10^{-8}$ |
| | $[\text{AgCl}_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{Cl}^{1-}$ | $9,12 \cdot 10^{-6}$ |
| | $[\text{AgI}_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{I}^{1-}$ | $5,50 \cdot 10^{-12}$ |
| | $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ | $3,47 \cdot 10^{-14}$ |
| | $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ | $1,00 \cdot 10^{-13}$ |
| | $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{CN}^{1-}$ | $1,41 \cdot 10^{-20}$ |
| | $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{SCN}^{1-}$ | $5,88 \cdot 10^{-9}$ |
| | $[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{1+} + 2\text{NO}_2^{1-}$ | $1,8 \cdot 10^{-3}$ |
| Al^{3+} | $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{1-} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^{1-}$ | $1,0 \cdot 10^{-33}$ |
| | $[\text{Al}(\text{F}_6)]^{3-} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 6\text{F}^{1-}$ | $2,14 \cdot 10^{-21}$ |
| | $[\text{Al}(\text{SO}_4)_2]^{1-} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-}$ | $1,26 \cdot 10^{-6}$ |
| | $[\text{Al}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ | $5,00 \cdot 10^{-17}$ |
| | $[\text{AlEДТА}]^{1-} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + \text{EДТА}^{4-}$ | $7,41 \cdot 10^{-1}$ |
| Cd^{2+} | $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$ | $2,75 \cdot 10^{-7}$ |
| | $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 4\text{CN}^{1-}$ | $1,76 \cdot 10^{-18}$ |
| | $[\text{CdI}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 4\text{I}^{1-}$ | $7,94 \cdot 10^{-7}$ |
| | $[\text{Cd}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ | $3,31 \cdot 10^{-7}$ |
| Co^{2+} Co^{3+} | $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3$ | $7,80 \cdot 10^{-6}$ |
| | $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3$ | $6,16 \cdot 10^{-36}$ |
| | $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6\text{CN}^{1-}$ | $8,13 \cdot 10^{-20}$ |
| | $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6\text{CN}^{1-}$ | $1,00 \cdot 10^{-64}$ |
| | $[\text{CoEДТА}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + \text{EДТА}^{4-}$ | $1,00 \cdot 10^{-17}$ |
| $[\text{CoEДТА}]^{1-} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + \text{EДТА}^{4-}$ | $1,00 \cdot 10^{-36}$ | |
| Cu^{1+} | $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{1+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{1+} + 2\text{NH}_3$ | $1,36 \cdot 10^{-11}$ |
| | $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{1+} + 4\text{CN}^{1-}$ | $5,00 \cdot 10^{-31}$ |
| Cu^{2+} | $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$ | $9,33 \cdot 10^{-13}$ |
| | $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ | $5,00 \cdot 10^{-11}$ |
| | $[\text{CuCl}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{Cl}^{1-}$ | $2,40 \cdot 10^{-6}$ |
| | $[\text{CuEДТА}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{EДТА}^{4-}$ | $1,58 \cdot 10^{-19}$ |

продовження додатку 4

| | | |
|------------------|--|------------------------|
| Fe ²⁺ | [Fe(CN) ₆] ⁴⁻ ⇌ Fe ²⁺ + 6CN ¹⁻ | 1,00·10 ⁻²⁴ |
| Fe ³⁺ | [Fe(CN) ₆] ³⁻ ⇌ Fe ³⁺ + 6CN ¹⁻ | 1,00·10 ⁻³¹ |
| | [FeF ₆] ³⁻ ⇌ Fe ³⁺ + 6F ¹⁻ | 7,94·10 ⁻¹⁷ |
| | [FeEDТА] ¹⁻ ⇌ Fe ³⁺ + ЕДТА ⁴⁻ | 7,94·10 ⁻²⁶ |
| | [Fe(C ₂ O ₄) ₃] ³⁻ ⇌ Fe ³⁺ + 3C ₂ O ₄ ²⁻ | 6,31·10 ⁻²¹ |
| Hg ²⁺ | [Hg(NH ₃) ₄] ²⁺ ⇌ Hg ²⁺ + 4NH ₃ | 5,20·10 ⁻²⁰ |
| | [HgCl ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4Cl ¹⁻ | 8,50·10 ⁻¹⁶ |
| | [HgBr ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4Br ¹⁻ | 1,00·10 ⁻²¹ |
| | [HgI ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4I ¹⁻ | 1,48·10 ⁻³⁰ |
| | [Hg(CN) ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4CN ¹⁻ | 3,09·10 ⁻⁴² |
| | [Hg(SCN) ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4SCN ¹⁻ | 1,70·10 ⁻²⁰ |
| Ni ²⁺ | [Ni(NH ₃) ₆] ²⁺ ⇌ Ni ²⁺ + 6NH ₃ | 1,23·10 ⁻⁸ |
| | [Ni(CN) ₄] ²⁻ ⇌ Ni ²⁺ + 4CN ¹⁻ | 1,00·10 ⁻³¹ |
| | [NiEDТА] ²⁺ ⇌ Ni ²⁺ + ЕДТА ⁴⁻ | 2,40·10 ⁻¹⁹ |
| Pb ²⁺ | [Pb(S ₂ O ₃) ₂] ²⁻ ⇌ Pb ²⁺ + 2S ₂ O ₃ ²⁻ | 6,31·10 ⁻⁸ |
| | [PbEDТА] ²⁻ ⇌ Pb ²⁺ + ЕДТА ⁴⁻ | 9,12·10 ⁻¹⁹ |
| Zn ²⁺ | [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺ ⇌ Zn ²⁺ + 4NH ₃ | 2,00·10 ⁻⁹ |
| | [Zn(OH) ₄] ²⁻ ⇌ Zn ²⁺ + 4OH ¹⁻ | 2,19·10 ⁻¹⁵ |
| | [Zn(C ₂ O ₄) ₃] ⁴⁻ ⇌ Zn ²⁺ + 3C ₂ O ₄ ²⁻ | 7,08·10 ⁻⁹ |
| | [Zn(CN) ₄] ²⁻ ⇌ Zn ²⁺ + 4CN ¹⁻ | 1,00·10 ⁻¹⁰ |
| | [ZnEDТА] ²⁻ ⇌ Zn ²⁺ + ЕДТА ⁴⁻ | 3,16·10 ⁻¹⁷ |

Валентина Олександрівна Мінаєва

**ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ
З АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ
(ЧАСТИНА 2. ХІМІЧНІ МЕТОДИ КІЛЬКІСНОГО
АНАЛІЗУ)**

*Навчально-методичний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

Підписано до друку 22.01.2014. Формат 60×84/16.

Ум. друк. арк. 4,2. Тираж 300 пр.

Видавець Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

Адреса: 18000, м.Черкаси, бул. Шевченка, 81, кімн.117.

Тел. (0472) 37-13-16, факс (0472) 37-22-33,

e-mail: vydav@cdu.edu.ua, <http://www.cdu.edu.ua>

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №3427 від 17.03.2009 р.

Друк: ФОП Белінська О. Б.

Україна, м. Черкаси, вул. Університетська, 33, оф. 6.

Тел/факс: (0472) 33-03-46.