

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

О. О. Мураєва,

І. С. Зайцева,

Т. П. Нат

Методичні вказівки

до виконання самостійних і контрольних робіт

з дисципліни "Аналітична хімія"

(для студентів 2 курсу заочної форми навчання напрямку

6.060103 - "Гідротехніка (водні ресурси)")

ХАРКІВ

ХНАМГ

2010

Методичні вказівки до виконання самостійних і контрольних робіт з дисципліни "Аналітична хімія" (для студентів 2 курсу заочної форми навчання напрямку 6.060103 – "Гідротехніка (водні ресурси)") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О.О. Мураєва, І.С. Зайцева, Т.П. Нат. – Х: ХНАМГ, 2010. – 56 с.

Укладачі: О.О. Мураєва,
 І.С. Зайцева,
 Т.П. Нат

Рецензент: Т. Д. Панайотова

Рекомендовано кафедрою хімії, протокол № 3 від 14.10.09

Виконання контрольної роботи є однією із складових самостійної роботи студента під час вивчення предмета. Безпосередньому виконанню роботи передують вивчення теоретичного матеріалу одночасно з детальним розглядом прикладів розв'язання типових для кожного розділу завдань. Такі приклади наведені на початку відповідного розділу цих вказівок. Розв'язанню задач передують короткі відомості з теоретичних питань. На цьому етапі і під час виконання завдання можна використовувати навчальні посібники з наведеного в кінці вказівок списку літератури. Не слід переходити до вивчення нових розділів курсу, доки детально не вивчений попередній.

Методичні вказівки включають шість розділів, що охоплюють практично весь курс кількісного аналізу і два додатки, необхідні для розв'язання задач.

Кожен студент виконує індивідуальний варіант контрольної роботи.

Докладні вказівки до виконання контрольної роботи наведені на с. 53.

Розв'язання завдань і відповіді на теоретичні запитання повинні бути короткі, але чітко обґрунтовані, за винятком тих випадків, коли по суті питання таке мотивування не потрібне, наприклад, коли треба написати рівняння реакції тощо. При розв'язанні завдань потрібно наводити весь хід розв'язання й математичні перетворення.

Контрольна робота повинна бути акуратно оформлена в окремому зошиті, для зауважень і позначень рецензента слід залишати широкі поля. Нумери й умови завдань необхідно переписувати в тій послідовності, у якій вони вказані у варіанті контрольної роботи. Робота повинна бути датована, підписана студентом і своєчасно подана на рецензування.

Незараховану роботу, в якій є істотні помилки, слід виконати повторно відповідно до вказівок рецензента й подати на рецензування разом з незарахованою роботою. виправлення потрібно виконати в кінці зошита, а не в рецензованому тексті.

Контрольна робота, яка виконана не за своїм варіантом, викладачем не рецензується й не зараховується.

I. Розчини. Кількісний склад розчинів.
Приготування і стандартизація розчинів
Кількісний склад розчинів

Процентна концентрація (ω) речовини в розчині показує скільки грамів речовини міститься в 100 грамах розчину:

$$\omega = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де m_1 і m_2 - маса речовини і розчину, відповідно, г .

Молярна концентрація речовини в розчині (C_M) – це кількість розчиненої речовини в молях, що міститься в 1 л розчину:

$$C_M = \frac{V_1}{V} = \frac{m_1}{M_1 \cdot V} , \text{ моль/л} , \quad (2)$$

де v_1 – кількість розчиненої речовини, моль;

V - об'єм розчину, л;

m_1 - маса розчиненої речовини, г ;

M_1 - молярна маса розчиненої речовини , г/моль.

Молярна концентрація еквіваленту або нормальна концентрація речовини в розчині (C_H) – це кількість моль-еквівалентів розчиненої речовини, що міститься в 1 л розчину:

$$C_i = \frac{V}{V} = \frac{m_1}{M_E \cdot V} = \frac{m_1}{M_1 \cdot f_1 \cdot V} , \text{ моль-екв/л} , \quad (3)$$

де V_E - кількість моль-еквівалентів розчиненої речовини;

M_E - молярна маса еквіваленту, г/моль-екв.;

f_1 – фактор еквівалентності речовини.

Титр розчину – це маса речовини (г), що міститься в одному кубічному сантиметрі (або в одному мілілітрі) розчину:

$$T = \frac{m_1}{V} , \text{ г/см}^3 \quad (4)$$

Розв'язання типових задач

Задача 1. У 2 л розчину розчинено 3 г гідроксиду калію. Густина розчину $1,04 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте процентну, молярну і нормальну концентрації гідроксиду калію в розчині та його титр.

Розв'язання

1. Розрахуємо молярну концентрацію КОН у розчині згідно з рівнянням (2).

Для КОН $M_1 = 56 \text{ г/моль}$, тоді

$$C_M = \frac{m_1}{M_1 \cdot V} = \frac{3}{56 \cdot 2} = 0,03 \text{ моль/л.}$$

2. Розрахуємо нормальну концентрацію КОН у розчині. Оскільки для КОН фактор еквівалентності $f(\text{KOH}) = 1$, то $C_M = C_H = 0,03 \text{ моль/л}$.

3. Розрахуємо процентну концентрацію КОН у розчині.

Для цього спочатку треба визначити масу розчину за формулою

$$\rho = \frac{m_2}{V},$$

де ρ - густина розчину, г/см^3 ; m_2 - маса розчину, г; V - об'єм розчину, мл.

$$m_2 = \rho \cdot V = 1,04 \cdot 2000 = 2080 \text{ г,}$$

тоді процентна концентрація буде розраховуватися, як

$$\omega = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\% = \frac{3 \cdot 100}{2080} = 0,15\%$$

4. Розрахуємо титр розчину за рівнянням (4):

$$T = \frac{m_1}{V} = \frac{3}{2000} = 0,0015 \text{ г/см}^3.$$

Задача 2. Описати приготування 200 мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти з 5%-ного розчину цієї кислоти, густина якого $1,02 \text{ г/см}^3$.

Розв'язання

1. Розрахуємо масу наважки HCl, яка необхідна для приготування 200 мл 0,1 Н розчину HCl. За рівнянням (3)

$$m_{\text{HCl}} = C_{\text{H}}(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) \cdot f(\text{HCl}) \cdot V_{\text{розчину}} = 0,1 \cdot 36,5 \cdot 1 \cdot 0,2 = 0,73 \text{ г.}$$

2. Розрахуємо, яку масу 5%-вого розчину, що містить 0,73 г чистої HCl, треба взяти для приготування 200 мл 0,1N розчину:

100 г розчину – 5 г HCl

x г розчину – 0,73 г HCl

$$x = m_{5\%} = \frac{100 \cdot 0,73}{5} = 14,6 \text{ г.}$$

3. Розрахуємо об'єм 5%-вого розчину, який потрібний для приготування 200 мл 0,1 N розчину:

$$V_{5\%} = \frac{m_{5\%}}{\rho_{5\%}} = \frac{14,6}{1,02} = 14,3 \text{ мл.}$$

Для приготування 200 мл 0,1 N розчину HCl із 5%-ного розчину необхідно: піпеткою (або циліндром) набрати 14,3 мл 5%-ного розчину HCl, обережно через лійку перенести цей об'єм у мірну колбу на 200 мл і довести загальний об'єм розчину до 200 мл дистильованою водою.

Контрольні задачі

1. Описати приготування 200 мл 0,01 N розчину H_3PO_4 із 2%-ної кислоти ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину, якщо $K_{\text{д1}} = 7 \cdot 10^{-3}$.

2. Описати приготування 200 мл 0,01 N розчину H_2SO_4 із 5%-ної кислоти ($\rho = 1,025 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину.

3. До 200 мл 10%-ного розчину сірчаної кислоти ($\rho = 1,045 \text{ г/см}^3$) додали 100 мл 5%-ного розчину ($\rho = 1,025 \text{ г/см}^3$). Визначити процентну, молярну, нормальну концентрації отриманого розчину, а також його рН.

4. Описати приготування 0,2 л 0,01 N розчину KOH із 5%-ного розчину ($\rho = 1,033 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину.

5. До 300 мл 2%-ного розчину азотної кислоти ($\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$) додали 250 мл 5%-ного розчину ($\rho = 1,03 \text{ г/см}^3$). Розрахуйте процентну, молярну, нормальну концентрації отриманого розчину, а також його рН.

6. Визначити молярну та нормальну концентрації 5%-ного розчину H_3PO_4 ($\rho = 1,09 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину, якщо $K_{\text{д1}} = 7,1 \cdot 10^{-3}$.

7. Описати приготування 0,1 Н розчину NaOH із 5%-ного розчину ($\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину. За допомогою яких розчинів стандартизують розчин NaOH .

8. Описати приготування 200 мл 0,01 Н розчину хлороводневої кислоти. Розрахуйте рН цього розчину. За допомогою яких речовин стандартизують розчин HCl ?

9. Описати приготування 500 мл 0,01 Н розчину NaOH . Розрахуйте рН цього розчину. За допомогою яких речовин стандартизують розчин NaOH ?

10. Визначити молярну та нормальну концентрації 2%-вого розчину HNO_3 ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину. Якого кольору буде метилоранж у цьому розчині?

11. Описати приготування 0,5 М розчину сірчаної кислоти. Розрахувати нормальну концентрацію та рН цього розчину. Яке забарвлення буде мати розчин у присутності фенолфталеїну.

12. До 1 л 2%-ного розчину гідроксиду калію ($\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$) додали 2 л води. Розрахуйте процентну, молярну, нормальну концентрації отриманого розчину, а також його рН.

13. У 2 л водного розчину міститься 0,8765 г сірчаної кислоти. Густина розчину $1,04 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте процентну, молярну, нормальну концентрації сірчаної кислоти в цьому розчині, а також його рН.

14. Описати приготування 0,5%-ного розчину гідроксиду кальцію ($\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$). Розрахуйте молярну і нормальну концентрації отриманого розчину, а також його рН.

15. Описати приготування 0,01Н розчину гідроксиду калію. Чим стандартизувати цей розчин і як? Чому розчини лугів не готують за точною наважкою?

16. Описати приготування 300 мл 0,1 Н розчину оцтової кислоти із 5%-ної кислоти ($\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$) Розрахуйте рН розчину, якщо константа дисоціації оцтової кислоти дорівнює $1,8 \cdot 10^{-5}$.

17. Титр розчину сірчаної кислоти $0,0063 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте для цього розчину рН, молярну і нормальну концентрації.
18. Яку наважку бури ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) потрібно взяти для приготування $0,5 \text{ дм}^3$ $0,1 \text{ Н}$ розчину. Для чого використовують розчин бури?
19. Скільки 2 М розчину HCl потрібно додати до 1 дм^3 $0,15 \text{ М}$ розчину HCl , щоб отримати $0,2 \text{ М}$ розчин? Розрахуйте рН отриманого розчину.
20. Розчин оцтової кислоти (25 см^3) нейтралізували $20,00 \text{ см}^3$ $0,15 \text{ Н}$ розчином KOH . Розрахуйте молярну і нормальну концентрації, титр і рН розчину оцтової кислоти.
21. Описати приготування 2 дм^3 $0,01 \text{ Н}$ розчину хлороводневої кислоти із 36% -ної кислоти ($\rho = 1,179 \text{ г/см}^3$). Розрахуйте рН цього розчину.
22. Із $5,3 \text{ г}$ Na_2CO_3 приготували 1 дм^3 розчину ($\rho = 1,11 \text{ г/см}^3$). Розрахуйте молярну і нормальну концентрації та рН цього розчину.
23. До 500 мл 10% -ного розчину хлороводневої кислоти ($\rho = 1,15 \text{ г/см}^3$) прилили 1 л води. Визначити процентну, молярну, нормальну концентрації та рН отриманого розчину.
24. Титр розчину гідроксиду натрію $0,0045 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте для цього розчину рН, молярну і нормальну концентрації.
25. Описати приготування 250 мл $0,1 \text{ Н}$ розчину мурашиної кислоти із 5% -ної кислоти ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$) Розрахуйте рН розчину, якщо константа дисоціації оцтової кислоти дорівнює $1,8 \cdot 10^{-4}$.
26. Яку наважку хімічно чистого хлориду натрію необхідно взяти для визначення точної концентрації $0,1 \text{ М}$ розчину нітрату срібла при роботі з бюреткою місткістю 25 мл ?
27. Який об'єм 10% - вого розчину карбонату натрію ($\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$) потрібно взяти для приготування 1 л розчину з нормальною концентрацією $0,05 \text{ Н}$? Напишіть рівняння гідролізу солі, вкажіть характер середовища.
28. Яка нормальна концентрація і рН розчину сірчаної кислоти, якщо на титрування $0,2156 \text{ г}$ чистого карбонату натрію йде $22,35 \text{ мл}$ цього розчину?

29. Розрахуйте молярну, нормальну концентрації та рН 3%-ного розчину гідроксиду амонію ($\rho = 1,109 \text{ г/см}^3$), якщо константа дисоціації гідроксиду амонію дорівнює $1,75 \cdot 10^{-5}$.

30. До 500 мл 10%-ного розчину азотної кислоти ($\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$) прилили 1,5 л води. Визначити процентну, молярну, нормальну концентрації та рН отриманого розчину

II. Гідроліз солей. Водневий показник

Перед розв'язанням задач цього розділу слід ознайомитися з такими питаннями:

1. Що таке гідроліз солей?
2. Ступінь і константа гідролізу солей.
3. Залежність ступеня гідролізу солей від сили кислоти і лугу, що утворюють сіль, і від концентрації солі в розчині.
4. Що таке водневий показник розчину?
5. Залежність рН розчину солі від констант дисоціації слабких лугів і кислот, концентрації солі.

Водневий показник

Водневим показником рН називається від'ємний десятковий логарифм молярної концентрації водневих іонів H^+

$$pH = -\lg[H^+], \quad (1)$$

або

$$[H^+] = 10^{-pH}, \quad (2)$$

де $[H^+]$ - молярна концентрація іонів водню, моль/л.

Гідроксильним показником рОН називається від'ємний десятковий логарифм молярної концентрації OH^- - іонів

$$pOH = -\lg[OH^-], \quad (3)$$

де $[OH^-]$ - молярна концентрація гідроксид - іонів, моль/л.

Добуток молярних концентрацій іонів водню та іонів гідроксилу у воді називається **іонним добутком води** K_g . При певній температурі K_g - стала величина. Числове значення її при 25⁰ С дорівнює 10⁻¹⁴ :

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}. \quad (4)$$

Якщо рівняння (4) прологарифмувати і обидві частини рівняння помножити на -1, то отримаємо рівняння

$$pH + pOH = 14. \quad (5)$$

Величина рН кількісно характеризує кислотність і лужність розчину:

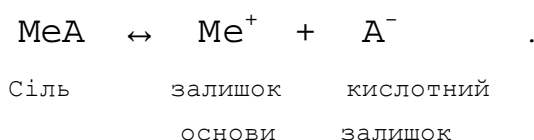
pH = 7 – нейтральне середовище;

pH < 7 – кисле середовище;

pH > 7 – лужне середовище.

Гідроліз солей. Константа гідролізу

Водні розчини солей мають неоднакові значення рН. Наприклад, у розчині $NaCl$ рН 7, у розчинах CH_3COONa і Na_2CO_3 рН > 7, а в розчинах NH_4Cl , $FeSO_4$ рН < 7. Це пов'язано з тим, що більшість солей є сильними електrolітами, які у водних розчинах дисоціюють:



Вода, хоча і дуже слабо, теж дисоціює на іони:

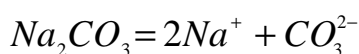


Позитивні іони залишків основ і негативні іони залишків кислот, на які дисоціюють солі, можуть сполучатися з протилежно зарядженими гідроксид-іонами OH^- або іонами водню H^+ , на які дисоціює вода. Якщо внаслідок цього утворюються малорозчинні основи (основні солі) або малодисоційовані кислоти (кислі солі), рівновага дисоціації води зміщується вправо. У результаті з води вивільняються іони H^+ або OH^- і реакція стає кислою або лужною. Така реакція має назву "гідроліз солей".

Таким чином, *гідроліз солі* – це обмінна реакція солі з водою, в результаті якої утворюється малодисоційована або малорозчинна сполука і змінюється рН середовища. Розглянемо гідроліз солей різного складу.

Солі, утворені сильною основою і слабкою кислотою – гідроліз за аніоном (рН>7)

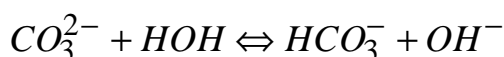
Напишемо рівняння реакцій гідроліз Na_2CO_3 - солі, яка утворена сильним лугом $NaOH$ і слабкою кислотою H_2CO_3 . У водному розчині сіль Na_2CO_3 дисоціює:



Катіони Na^+ не гідролізуються, а утворені іони CO_3^{2-} - гідролізуються. Гідроліз аніону протікає ступінчасто :

I ступінь гідролізу

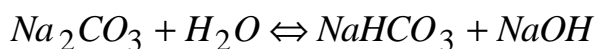
Скорочена іонна форма рівняння гідролізу:



Повна іонно-молекулярна форма рівняння гідролізу:



Молекулярна форма рівняння гідролізу:

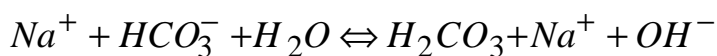


II ступінь гідролізу

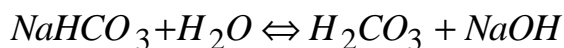
Скорочена іонна форма рівняння гідролізу:



Повна іонно-молекулярна форма рівняння гідролізу:



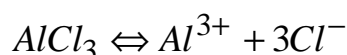
Молекулярна форма рівняння гідролізу:



Оскільки в результаті гідролізу утворилися вільні іони OH^- , то середовище в розчині Na_2CO_3 буде лужним ($pH > 7$).

Солі, утворені слабкою основою і сильною кислотою – гідроліз за катіоном
($pH < 7$)

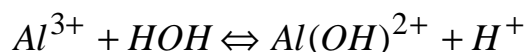
Напишемо рівняння реакцій гідролізу $AlCl_3$ - солі, яка утворена слабкою основою $Al(OH)_3$ і сильною кислотою HCl . У водному розчині сіль дисоціює:



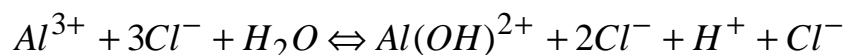
Гідроліз йде по катіону Al^{3+} за трьома ступенями:

I ступінь гідролізу

Скорочена іонна форма



Повна іонно-молекулярна форма

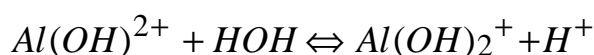


Молекулярна форма

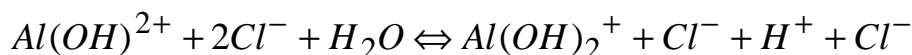


II ступінь гідролізу

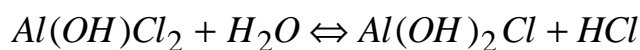
Скорочена іонна форма



Повна іонно-молекулярна форма

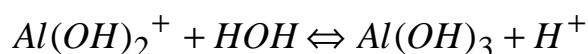


Молекулярна форма

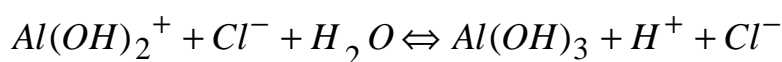


III ступінь гідролізу

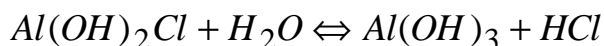
Скорочена іонна форма



Повна іонно-молекулярна форма



Молекулярна форма



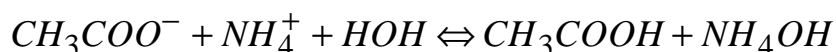
Оскільки в результаті гідролізу утворилися вільні іони H^+ , то середовище в розчині $AlCl_3$ буде кислим ($pH < 7$).

Солі, утворені слабкою основою і слабкою кислотою – гідроліз за катіоном і аніоном

Напишемо рівняння реакцій гідролізу CH_3COONH_4 - солі, яка утворена слабкою основою NH_4OH і слабкою кислотою CH_3COOH . У водному розчині сіль дисоціює:



Гідролізу підлягають і катіон NH_4^+ і аніон CH_3COO^- :



У результаті гідролізу утворилися два слабких електроліти. Реакція розчину залежить від співвідношення констант дисоціації продуктів гідролізу. Оскільки константа дисоціації NH_4OH ($K_D = 6,3 \cdot 10^{-5}$) не суттєво, але більша за константу дисоціації CH_3COOH ($K_D = 1,74 \cdot 10^{-5}$), то середовище буде слабко лужним.

Розв'язання типових задач

Задача 1. До 30 см^3 води долили 5 см^3 3 М розчину нітриту калію. Обчислити ступінь гідролізу солі за 25° С і pH розчину.

Розв'язання. Для розв'язання задачі необхідно знати значення констант дисоціації K_D нітритної кислоти HNO_2 і іонний добуток води K_W :

$$K_D = 5,1 \cdot 10^{-4}; K_W = 1 \cdot 10^{-14} \text{ (див. табл.2 Додатку).}$$

1. Запишемо рівняння гідролізу солі KNO_2 (сіль утворена сильним лугом і слабкою кислотою – гідроліз за аніоном):



2. Розрахуємо концентрацію солі $C_2(KNO_2)$ (після розбавлення розчину. Об'єм розчину нітриту калію до змішування з водою був $V_1 = 5 \text{ см}^3$, а після змішування став $V_2 = 5 + 30 = 35 \text{ см}^3$. Тоді

$$\begin{aligned} \frac{C_1(KNO_2)}{C_2(KNO_2)} &= \frac{V_2(KNO_2)}{V_1(KNO_2)}; C_2(KNO_2) = \frac{C_1(KNO_2) \cdot V_1(KNO_2)}{V_2(KNO_2)} = \\ &= \frac{3 \cdot 5}{35} = 0,4286 \text{ моль/л.} \end{aligned}$$

3. Розрахуємо ступінь гідролізу солі KNO_2 (h).

Оскільки константа гідролізу солі KNO_2 , що утворена слабкою кислотою, дорівнює

$$K_\Gamma = \frac{K_w}{K_D(HNO_2)} \quad (2),$$

а ступінь гідролізу солі

$$h = \sqrt{\frac{K_\Gamma}{C_2(KNO_2)}},$$

то з урахуванням значення K_Γ , з рівняння (2)

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K_D \cdot C_2(KNO_2)}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{5,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4286}} = 6,764 \cdot 10^{-6}, \text{ або } 6,764 \cdot 10^{-4} \%$$

4. Розрахуємо рН водного розчину нітриту калію.

Для розрахунку рН потрібно знати, що в результаті гідролізу кожного аніону NO_2^- утворюється 1 аніон OH^- (див. рівняння (1)). Якщо вихідна концентрація аніонів NO_2^- C_2 моль/л, а гідролізується тільки частина h цих аніонів, то концентрація аніонів OH^- становитиме hC_2 моль/л. Таким чином

$$[OH^-] = hC_2 = 6,764 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4286 = 2,899 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л,}$$

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg 2,899 \cdot 10^{-6} = 5,54,$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 5,54 = 8,46.$$

Контрольні задачі

Значення констант дисоціації K_d слабких електролітів наведені в табл. 2 Додатку 1 наприкінці методичних вказівок.

31. У 500 мл розчину міститься 2,52 г Na_2CO_3 . Визначити рН розчину і ступінь гідролізу солі за першим ступенем.

32. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу в 0,05 М розчині $Na_2C_2O_4$. Чому буде дорівнювати рН, якщо розчин розбавити водою в 5 разів?

33. До 100 мл 0,2 М оцтової кислоти додали 100 мл 0,2 М гідроксиду калію. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі.

34. До 250 мл 0,4 М HCN додали 250 мл 0,4 М NaOH. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі.

35. Скільки грамів CH_3COONa потрібно додати до 500 мл води, щоб одержати розчин з рН 9?

36. Скільки грамів Na_2S знаходиться в 100 мл розчину, якщо рН його дорівнює 13? Обчислити ступінь гідролізу солі.

37. Скільки грамів KCN знаходиться в 10 мл розчину, якщо його рН дорівнює 11,0?

38. Змішали 40 мл 0,3 М оцтової кислоти і 20 мл 0,15 М гідроксиду калію. Розрахуйте рН розчину і ступінь гідролізу солі.

39. Розрахуйте рН розчину, якщо ступінь гідролізу в 0,05 М розчині Na_3PO_4 дорівнює 5 %.

40. Розрахуйте рН розчину, якщо ступінь гідролізу в 0,1 М розчині KNO_2 дорівнює 3 %.

41. Розрахуйте рН розчину і ступінь гідролізу солі NH_4Cl , якщо концентрація її дорівнює 0,2 М.

42. При якій концентрації (моль/л) NH_4NO_3 розчин має рН 5?

43. Скільки грамів NH_4Cl міститься в 1 л розчині, якщо його рН 6 ?

44. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу в 0,01 М розчині $(NH_4)_2S$.
45. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу в 0,02 М розчині CH_3COONH_4 .
46. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу в 0,03 М розчині $(NH_4)_3PO_4$.
47. Розрахуйте другу константу дисоціації вугільної кислоти, якщо 0,1 М розчин Na_2CO_3 має рН 12.
48. Який колір матиме 0,1 М розчин карбонату натрію, якщо до нього додати фенолфталеїн? Відповідь підтвердить розрахунком.
49. В 1 л розчину міститься 0,1 моль NH_4Cl і 10^{-4} моль HCl . Визначити ступінь гідролізу солі.
50. Який колір матиме 0,2 М розчин NaH_2PO_4 , якщо до нього додати метиловий жовтогарячий? Відповідь підтвердить розрахунками.
51. Який розчин матиме більш лужне середовище: 0,01 М розчин Na_2CO_3 чи 0,1 М розчин Na_2SiO_3 ? Відповідь підтвердить розрахунками.
52. Який розчин матиме більш низьке значення рН: 0,1 М розчин Na_3PO_4 чи 0,1 М розчин CH_3COONa ? Відповідь підтвердить розрахунками.
53. Який розчин матиме більше значення рН: 0,1 М розчин $(NH_4)_2S$ чи 0,1 М розчин $(NH_4)_2CO_3$? Відповідь підтвердить розрахунками.
54. Яке середовище (кисле, нейтральне чи лужне) має суміш водних розчинів солей: 0,1 М розчин Na_2CO_3 і 0,1 М розчин $(NH_4)_2SO_4$? Відповідь підтвердить розрахунками.
55. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі в 0,05 М розчині $(NH_4)_2CO_3$. Чому дорівнюватиме рН, якщо розчин розбавити водою в 10 разів?
56. У 250 мл розчину міститься 0,535 г NH_4Cl . Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі.
57. Яку наважку нітрату амонію потрібно розчинити в 150 см³ розчину, щоб рН дорівнювало 5?
58. Наважку хлориду амонію 0,1 г розчинили в 250 см³ розчину. Розрахуйте рН.

59. В якому об'ємі потрібно розчинити наважку ацетату натрію 0,03 г, щоб отримати розчин з рН=8?

60. Який розчин матиме більш лужне середовище: 0,1 Н розчин NH_4Cl чи 0,1 Н розчин Na_3PO_4 ? Відповідь підтвердить розрахунками.

III. Метод нейтралізації

Перед розв'язанням задач цього розділу слід ознайомитися з такими питаннями:

1. Яка реакція лежить в основі методу нейтралізації та які речовини можна визначати цим методом?

2. Як визначаються молярні маси еквівалентів кислот, основ і солей у реакціях методу нейтралізації?

3. Що таке стандартний, робочий, титрований розчини? Які концентрації робочих розчинів використовують у методі нейтралізації?

4. Що таке точка еквівалентності, у якій ділянці шкали рН лежить вона при титруванні: а) сильної кислоти сильним лугом; б) слабкої кислоти сильним лугом; в) слабкої основи сильною кислотою ?

5. Що таке криві титрування та стрибок титрування? Які фактори впливають на положення точки еквівалентності, на величину і положення стрибка титрування?

6. Які речовини називаються кислотно-основними індикаторами. Які їх головні характеристики?

7. Що таке показник титрування рТ і інтервал переходу індикатора?

8. Як здійснюється вибір індикатора при титруванні методом нейтралізації?

9. Що таке титрування: а) пряме; б) зворотне; в) по заміщенню? У яких випадках кожен з цих різновидів титрування використовується в методі нейтралізації?

10. Що таке кислотність і лужність води і як їх визначають методом нейтралізації?

11. Що таке карбонатна твердість води? Якими солями вона зумовлена? Як експериментально визначається карбонатна твердість води?

12. В яких формах існує вугільна кислота у воді? Як визначають різні форми вуглекислоти?

Розв'язання типових задач

Задача 1. На титрування 20 см³ 0,02 Н розчину HCl витрачено 15 см³ розчину NaOH. Визначити нормальну концентрацію NaOH.

Розв'язання. Так як речовини реагують між собою в еквівалентних кількостях, то кількість HCl у точці еквівалентності повинна дорівнювати кількості NaOH, тобто

$$v_E(\text{HCl}) = v_E(\text{NaOH});$$

$$v_E(\text{HCl}) = C_H(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}); \quad v_E(\text{NaOH}) = C_H(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH});$$

тоді

$$C_H(\text{NaOH}) = \frac{C_H(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{NaOH})} = \frac{0,02 \cdot 20}{15} = 0,02657 \text{ моль/л.}$$

Задача 2. Водневий показник води дорівнює 10. Які показники якості води можна визначити методом нейтралізації?

Розв'язання

При рН=10 можна визначити:

1. **Лужність вільну** (L_B) (рН від 14 до 9) – титрування проби води 0,1 Н розчином HCl у присутності фенолфталеїну.

2. **Лужність загальну** ($L_{ЗАГ}$) (рН від 14 до 4) – титрування проби води 0,1 Н розчином HCl у присутності метилоранжу.

Лужність розраховують за формулою

$$L = \frac{C_H(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}, \text{ ммоль-екв/л.}$$

3. **Форми вугільної кислоти:** CO_3^{2-} і HCO_3^- .

Вміст CO_3^{2-} дорівнює лужності вільній (ммоль-екв/л). Для визначення CO_3^{2-} в мг/л необхідно $L_B \cdot M_E(CO_3^{2-}) = L_B \cdot 60$.

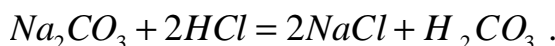
Вміст HCO_3^- дорівнює різниці ($L_{3AG} - L_B$) у ммоль-екв/л. У мг/л вміст HCO_3^- розраховують як $(L_{3AG} - L_B) \cdot M_E(HCO_3^-) = (L_{3AG} - L_B) \cdot 61$.

4. **Твердість карбонатну ($T_{КАРБ}$)**, яка дорівнює різниці ($L_{3AG} - L_B$) в ммоль-екв/л.

Задача 3. Розрахуйте масу Na_2CO_3 , якщо на титрування солі з утворенням H_2CO_3 , пішло 22,35 мл 0,2113 М розчину HCl .

Розв'язання

Рівняння реакції між содою і хлороводневою кислотою наступне:



У точці еквівалентності:

$$v_E(Na_2CO_3) = v_E(HCl);$$

$$v_E(Na_2CO_3) = \frac{m(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3) \cdot f(Na_2CO_3)}; \quad v_E(HCl) = C_H(HCl) \cdot V(HCl);$$

Отже тоді

$$\frac{m(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3) \cdot f(Na_2CO_3)} = C_H(HCl) \cdot V(HCl).$$

Виходячи з того, що $f(Na_2CO_3) = 1/2$, масу соди можна обчислити таким чином:

$$\begin{aligned} m(Na_2CO_3) &= C_H(HCl) \cdot V(HCl) \cdot M(Na_2CO_3) \cdot f(Na_2CO_3) = \\ &= 0,2113 \cdot 22,35 \cdot 10^{-3} \cdot 106 \cdot 1/2 = 0,2503 \text{ г.} \end{aligned}$$

Контрольні задачі

Значення показників якості води наведені в Додатку 2 наприкінці методичних вказівок.

61. Розчин містить 1,4320 г гідроксиду калію в 0,5 л. Скільки мілілітрів цього розчину піде на титрування 20 мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти? Який індикатор потрібно вибрати для титрування?

62. Наважку карбонату натрію вагою 1,3540 г розчинили в мірній колбі на 250 мл, об'єм розчину довели до позначки дистильованою водою. На титрування 20 мл цього розчину пішло 18,8 мл хлороводневої кислоти. Яка концентрація розчину хлороводневої кислоти і який індикатор для цього титрування було використано?

63. На титрування розчину, що досліджують, пішло 18,5 мл 0,1 Н розчину гідроксиду натрію. Скільки грамів гідроксиду натрію пішло на реакцію з речовиною, що визначають?

64. Скільки мілілітрів 20 %-ної хлороводневої кислоти з густиною $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ потрібно взяти, щоб приготувати 250 мл 0,1 Н розчину? Який стандартний розчин і який індикатор потрібно взяти, щоб визначити точну концентрацію розчину HCl ? Наведіть рівняння реакції.

65. Розрахуйте нормальну концентрацію розчину NH_4OH , якщо рН розчину 11, а константа дисоціації NH_4OH дорівнює $1,75 \cdot 10^{-5}$.

66. Які показники якості води можна визначити, якщо на титрування 100 мл води з фенолфталеїном витрачено 5 мл 0,1Н розчину HCl , а на титрування 100 мл води в присутності метилоранжу 8 мл 0,1 Н розчину HCl . Розрахуйте.

67. Розрахуйте рН розчину, отриманого при змішуванні 20 мл 0,2 Н розчину HCl і 18 мл 0,2 Н розчину $NaOH$. Яке забарвлення матиме цей розчин, якщо до нього додати фенолфталеїн.

68. Розрахуйте наважку щавлевої кислоти $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, необхідну для приготування 200 мл 0,1 Н розчину. Розрахуйте нормальну концентрацію розчину $NaOH$, якщо на титрування 10 мл 0,1 Н розчину щавлевої кислоти витрачено 10,8 мл розчину $NaOH$. Який індикатор слід використовувати при титруванні?

69. Як приготувати 500 мл 0,1 Н розчину карбонату натрію? Якої концентрації була хлороводнева кислота, якщо на титрування 10 мл розчину карбонату натрію пішло 9,8 мл розчину хлороводневої кислоти?

70. Скільки грамів гідроксиду натрію треба взяти для приготування 2 літрів 0,2 Н розчину? Як визначити точну концентрацію цього розчину? Скільки мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти піде на повну нейтралізацію NaOH?

71. Розрахуйте наважку Na_2CO_3 , необхідну для приготування 250 мл 0,1 Н розчину. Яка молярна концентрація цього розчину? Скільки мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти піде на повну нейтралізацію Na_2CO_3 ?

72. Як приготувати 2 л 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти, використовуючи 38 %- ний її розчин, густина якого 1,18 г/мл ? Розрахуйте нормальну концентрацію розчину NaOH, якщо на титрування 10 мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти витрачено 11,4 мл розчину NaOH. Який індикатор слід використовувати при титруванні?

73. Визначити, які показники якості води можна знайти методом нейтралізації, якщо рН води дорівнює 4,8.

74. Яку лужність води і форми вугільної кислоти можна розрахувати, якщо на титрування 100 мл води з індикатором метилоранжем пішло 6,5 мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти?

75. На титрування 100 мл води з фенолфталеїном пішло 2,2 мл 0,1 Н розчину HCl , а з метилоранжем - 3,4 мл 0,1 Н розчину HCl . Які показники якості води можна визначити за цими даними? Розрахуйте ці показники.

76. Чому дорівнює карбонатна твердість води, якщо на титрування 100 мл її з метилоранжем пішло 6,2 мл 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти? Скільки міліграмів гідрокарбонат-іонів міститься в пробі води?

77. У досліджуваній воді індикатор метилоранж забарвився в червоний колір. На титрування 100 мл цієї води в присутності метилоранжу пішло 4,2 мл 0,1 Н розчину гідроксиду натрію. Розрахуйте за цими даними показники якості води.

78. На титрування 100 мл природної води з індикатором фенолфталеїном до появи рожевого забарвлення витрачено 4 мл 0,1 Н розчину $NaOH$. Скільки вільної вуглекислоти (мг/л) міститься в досліджуваній воді?

79. Наважку карбонату натрію вагою 0,5300 г розчинили в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25 мл цього розчину було витрачено 24,5 мл розчину хлороводневої кислоти в присутності метилоранжу. Розрахуйте нормальні концентрації розчинів карбонату натрію і хлороводневої кислоти.

80. Розчин оцтової кислоти (25 см^3) нейтралізували 20 см^3 0,15 М розчином NaOH . Розрахуйте молярну концентрацію і масу оцтової кислоти.

81. При визначенні карбонатів і гідрокарбонатів на титрування 100 мл досліджуваної води з індикатором фенолфталеїном витрачено 2,8 мл 0,1 Н розчину HCl , а з індикатором - метилоранжем - 3,2 мл 0,1 Н розчину HCl . Скільки міліграмів карбонат і гідрокарбонат-іонів міститься в 1 л досліджуваної води?

82. На титрування 100 мл досліджуваної природної води з індикатором метилоранжем до переходу забарвлення від жовтого до жовтогарячого пішло 4,2 мл 0,1 Н розчину HCl . Які показники якості води можна визначити з цих даних методом нейтралізації? Розрахуйте.

83. На титрування 100 мл досліджуваної природної води з індикатором фенолфталеїном до появи рожевого забарвлення пішло 2,6 мл 0,1 Н розчину NaOH , а при титруванні 100 мл цієї ж води з індикатором метилоранжем до переходу жовтого забарвлення в жовтогаряче пішло 2,6 мл 0,1 Н розчину HCl . Які показники якості води можна розрахувати за результатами титрування? Як пояснити збіг цих результатів?

84. Визначити, скільки % сірчаної кислоти містить зразок, якщо його наважка 1,5678 г була розчинена в мірній колбі на 200 мл. На нейтралізацію 20 мл цього розчину було витрачено 17,6 мл 0,1Н розчину NaOH .

85. Розрахуйте концентрацію гідрокарбонат-іонів у воді, якщо рН води 10, концентрація карбонат-іонів дорівнює 4 моль/л, а константа дисоціації вугільної кислоти за другим ступенем $K_{\text{д(II)}} = 5,6 \cdot 10^{-11}$.

86. Розрахуйте масу азотної кислоти в 10 см^3 її розчину, якщо на титрування цього розчину витрачено $12,5 \text{ см}^3$ 1,01 М розчину NaOH .

87. Розрахуйте масову частку Na_2CO_3 у технічній соді, якщо наважка технічної соди дорівнює 0,2005 г, а на її титрування пішло 20 см^3 0,1 Н розчину хлороводневої кислоти.

88. Наважку технічної азотної кислоти масою 1,0100 г перевели в розчин, який містив 25 см^3 0,5 М розчину $NaOH$. Надлишок $NaOH$ відтитрували $10,5\text{ см}^3$ 0,1 М розчином HCl . Розрахуйте масову частку азотної кислоти в наважці.

89. До розчину, що містить 0,7500 г $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, додали 25,00 мл розчину KOH , а потім надлишок останнього відтитрували 4,02 мл 0,125 Н розчином HCl . Розрахуйте нормальну концентрацію розчину KOH .

90. рН води дорівнює 5,6. Які показники якості води та форми вуглекислоти можна визначити методом нейтралізації.

IV. Метод комплексоутворення

Перед розв'язанням задач слід ознайомитися з такими питаннями:

1. Які основні методи комплексоутворення Вам відомі, які реакції лежать у їх основі?

2. Як розраховуються еквівалентні маси реагентів для приготування розчинів у методах комплексоутворення?

3. Що таке метод трилонометрії? Які показники якості води можна визначати цим методом?

4. Як визначається точка еквівалентності при комплексонометричному титруванні? Які індикатори при цьому використовують?

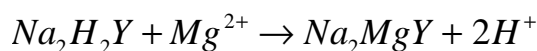
5. Як впливає величина рН на визначеннях показників якості води при комплексонометричному титруванні?

6. Що таке загальна твердість води? Як її визначають методом трилонометрії?

Розв'язання типових задач

Задача 1. Розрахуйте масову частку магнію в алюмінієвому сплаві, якщо після розчинення 0,5000 г сплаву і видалення заважаючих елементів, об'єм розчину довели до 100 см³ і на титрування 20 см³ цього розчину витратили 12,06 см³ 0,01 М розчину трилону Б.

Розв'язання. Трилон Б титрує іони Mg²⁺ з утворенням безбарвної комплексної сполуки:



Трилон Б

1. Розрахуємо нормальну концентрацію магнію в розчині. У точці еквівалентності:

$$\nu_E(Mg^{2+}) = \nu_E(Тр.Б);$$

$$C_H(Mg^{2+}) \cdot V(Mg^{2+}) = C_H(Тр.Б) \cdot V(Тр.Б).$$

Враховуючи, що фактор еквівалентності трилону Б дорівнює 1/2, а нормальна концентрація розчину трилону Б розраховується, як:

$$C_H = C_M / f(Тр.Б) = 0,01 / 0,5 = 0,02 \text{ Н, тоді}$$

$$C_H(Mg^{2+}) = \frac{C_H(Тр.Б) \cdot V(Тр.Б)}{V(Mg^{2+})} = \frac{0,02 \cdot 12,06}{20,00} = 0,0121 \text{ моль-екв/л.}$$

2. Розрахуємо масу магнію в 100 см³ вихідного розчину ($f(Mg^{2+}) = 1/2$):
 $M_E(Mg^{2+}) = M \cdot f(Mg^{2+}) = 23,3 \cdot 1/2 = 12,15 \text{ г/моль-екв}$:

$$C_H(Mg^{2+}) = \frac{m(Mg^{2+})}{M_E(Mg^{2+}) \cdot V} \Rightarrow m(Mg^{2+}) = C_H(Mg) \cdot M_E(Mg^{2+}) \cdot V =$$

$$= 0,0121 \cdot 12,15 \cdot 0,1 = 0,0147 \text{ г.}$$

3. Розрахуємо масову частку магнію в сплаві:

$$\omega(Mg^{2+}) = \frac{m(Mg^{2+})}{m(\text{сплава})} = \frac{0,0147}{0,5000} \cdot 100\% = 2,94\%.$$

Задача 2. Для усунення твердості води до 100 л води додали 12 г гашеного вапна і 9,5 г кальцинованої соди. Розрахуйте, яка твердість води була усунена.

Розв'язання. Твердість води зумовлена наявністю у воді добре розчинних солей кальцію і магнію. Вона показує, скільки ммоль-екв солей кальцію і магнію міститься в 1 л води:

$$T = \frac{v_E(\text{соли}) \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \frac{m(\text{соли}) \cdot 1000}{M_E \cdot V_{H_2O}}, \text{ ммоль-екв/л.} \quad (1)$$

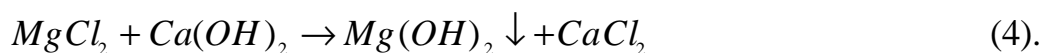
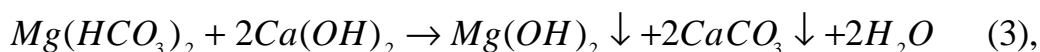
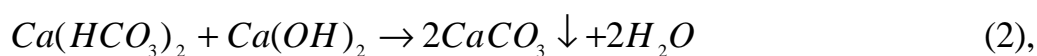
Розрізняють карбонатну (тимчасову) і некарбонатну (постійну) твердість води.

Карбонатна твердість води зумовлена наявністю гідрокарбонатів кальцію і магнію - $Ca(HCO_3)_2$ і $Mg(HCO_3)_2$.

Некарбонатна твердість води зумовлена солями кальцію і магнію всіх інших кислот, окрім вугільної (наприклад, хлоридами, сульфатами, нітратами тощо).

Згідно з ГОСТ 2874-82 для питної води загальна твердість повинна бути ≤ 7 ммоль-екв/л.

Для усунення карбонатної твердості води застосовують **гашене вапно** $Ca(OH)_2$ (рівняння 2 и 3). Цей реагент також переводить постійну магнієву твердість у постійну кальцієву твердість (рівняння 4):

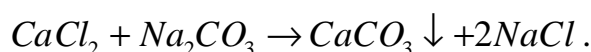


Очевидно, що $v_E(\text{гідрокарбонатів}) = v_E(Ca(OH)_2)$. Тоді, беручи до уваги те, що $f(Ca(OH)_2) = 1/2$, а $M_E(Ca(OH)_2) = M/2 = 74/2 = 37$ г/моль-екв, рівняння (1) набуває вигляду:

$$T_1 = \frac{v_E(Ca(OH)_2) \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \frac{m(Ca(OH)_2) \cdot 1000}{M_E(Ca(OH)_2) \cdot V_{H_2O}} = \frac{12 \cdot 1000}{37 \cdot 100} = 3,2 \text{ ммоль-екв/л,}$$

де T_1 - карбонатна (кальцієва і магнієва) твердість води, ммоль-екв/л.

Для усунення некарбонатної (постійної) твердості застосовують **кальціновану соду** (Na_2CO_3):



Очевидно, що $v_E(\text{некарб.}) = v_E(Na_2CO_3)$, тоді

$$T_2 = \frac{v_E(Na_2CO_3) \cdot 1000}{V_{H_2O}} = \frac{m(Na_2CO_3) \cdot 1000}{M_E \cdot V_{H_2O}} = \frac{9,5 \cdot 1000}{53 \cdot 100} = 1,8 \text{ ммоль-екв/л},$$

де T_2 - некарбонатна твердість, ммоль-екв/л; $M_E(Na_2CO_3)$ - молярна маса еквівалента Na_2CO_3 , що дорівнює $M \cdot f(Na_2CO_3) = 106 \cdot 1/2 = 53$ г/моль-екв.

Отже загальна твердість води буде дорівнювати:

$$T_{заг} = T_1 + T_2 = 3,2 + 1,8 = 5,0 \text{ ммоль-екв/л}.$$

Таким чином, вапняно-содовим методом було усунено 5 одиниць твердості води.

Задача 3. На титрування 50 мл проби води в присутності ЕХЧ було витрачено 6 мл 0,05 Н розчину трилону Б, а на титрування 50 мл води в присутності мурексиду – 4,5 мл трилону Б. Які показники якості води можна визначити за цими даними? Чи придатна вода для питних цілей?

Розв'язання

За цими даними можна визначити:

1. **Загальну твердість води** ($T_{заг}$), яка визначається титруванням проби води трилоном Б в присутності ЕХЧ за рН=9,2 і розраховується як

$$T_{заг} = \frac{C_H(Tr.Б) \cdot V(Tr.Б) \cdot 1000}{V(H_2O)} = \frac{6 \cdot 0,05 \cdot 1000}{50} = 6 \text{ ммоль-екв/л}.$$

2. **Кальцієву твердість** ($T_{Ca^{2+}}$), яка визначається титруванням проби води трилоном Б в присутності мурексиду за рН=12, і розраховується як

$$T_{Ca^{2+}} = \frac{C_H(Tr.Б) \cdot V(Tr.Б) \cdot 1000}{V(H_2O)} = \frac{4,5 \cdot 0,05 \cdot 1000}{50} = 4,5 \text{ ммоль-екв/л}.$$

3. **Магнієву твердість** ($T_{Mg^{2+}}$), яка розраховується

$$T_{Mg^{2+}} = T_{заг} - T_{Ca^{2+}} = 6 - 4,5 = 1,5 \text{ ммоль-екв/л}.$$

4. **Вміст іонів кальцію** (мг/л), беручи до уваги, що $f(Ca^{2+}) = 1/2$, а $M_E(Ca^{2+}) = M/2 = 40,08/2 = 20,04$ г/моль-екв, розраховують за формулою

$$X(Ca^{2+}) = T_{Ca^{2+}} \cdot M_E(Ca^{2+}) = 4,5 \cdot 20,04 = 90,18 \text{ мг/л.}$$

5. **Вміст іонів магнію** (мг/л), беручи до уваги, що $f(Mg^{2+}) = 1/2$, а $M_E(Mg^{2+}) = M/2 = 24,3/2 = 12,15$ г/моль-екв, розраховують за формулою

$$X(Mg^{2+}) = T_{Mg^{2+}} \cdot M_E(Mg^{2+}) = 1,5 \cdot 12,15 = 18,2 \text{ мг/л.}$$

Згідно з ГОСТ 2874-82 (див. Додаток 2) загальна твердість води має бути ≤ 7 ммоль-екв/л, а вміст іонів магнію 10-80 мг/л, отже вода придатна для питних цілей.

Контрольні задачі

Значення показників якості води наведені в Додатку 2 наприкінці методичних вказівок.

91. Розрахуйте масу алюмінію, якщо до розчину, що містить алюміній, додали 25 см³ 0,04 М розчину трилону Б, надлишок якого відтитрували 5 см³ 0,035 М розчином сульфату цинку.

92. Концентрація робочого розчину трилону Б була встановлена за розчином, що містить у 1 л 24,00 г $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. На титрування 10,00 мл цього розчину пішло 10,30 мл розчину трилону Б. Розрахуйте нормальну концентрацію трилону Б.

93. Розрахуйте загальну твердість води (ммоль-екв/л), якщо на титрування 100 мл води при рН = 9,2 в присутності ЕХЧ до синього забарвлення пішло 19,20 мл 0,1012 Н розчину комплексону Ш.

94. Розрахуйте концентрацію цирконію в розчині, якщо після відповідної обробки, що усуває заважаючий вплив інших металів, на титрування 20,00 мл цього розчину з ЕХЧ до синього забарвлення пішло 10,15 мл 0,1000 Н розчину трилону Б.

95. Розрахуйте концентрацію іонів кальцію і магнію (ммоль-екв/л і мг/л) у розчині за наступними даними: а) для визначення сумарної кількості іонів ка-

льцію та магнію 20,00 мл аналізованого розчину відтитрували 18,15 мл 0,1120 Н розчином трилону Б в присутності ЕХЧ; б) для визначення вмісту іонів кальцію до 20,00 мл розчину додали 19,00 мл 0,1120 Н розчину трилону Б, надлишок якого відтитрували з мурексидом (до лілового забарвлення) 12 мл 0,1021 Н розчином $CaCl_2$.

96. Розрахуйте вміст молібдат-іонів MoO_4^{2-} у воді, якщо молібдат-іони спочатку осадили у вигляді $CaMoO_4$. Осад відокремили, промили і перевели в розчин. Іони кальцію відтитрували 11,17 мл 0,05 М розчином трилону Б.

97. У мірній колбі об'ємом 100,0 мл розчинили технічний зразок $NiSO_4 \cdot nH_2O$ вагою 0,5370 г. До 15,00 мл цього розчину додали 25,00 мл 0,0108 М розчину трилону Б. На титрування надлишку трилону Б витратили 11,87 мл 0,0113 М розчину $ZnSO_4$. Розрахуйте процентний вміст нікелю в технічному зразку.

98. Скільки грамів трилону Б необхідно для приготування 250 мл робочого розчину, призначеного для визначення кальцію в розчині, де його вміст 1 г/л? Як експериментально визначають вміст іонів кальцію?

99. У мірній колбі об'ємом 200 мл розчинили 1,1256 г технічного зразка $MgSO_4 \cdot nH_2O$. До 20,00 мл цього розчину додали 25,00 мл 0,0124 М розчину трилону Б. На титрування надлишку трилону Б витратили 9,05 мл 0,0102 М розчину $ZnSO_4$. Розрахуйте процентний вміст магнію в зразку.

100. На титрування 20,00 мл розчину, який отримали розчиненням 1,5250 г безводного (х.ч.) сульфату магнію в мірній колбі на 500 мл, витрачається 19,55 мл розчину трилону Б. Визначити його нормальну концентрацію.

101. Для трилонометричного визначення кальцію і магнію в мінералі, 2,0850 г його, після виконання необхідних операцій по видаленню домішок, що заважають визначенню, розчинили і розбавили водою до мітки в мірній колбі на 250 мл. З цього розчину в конічні колби взяли дві аліквотні частини: 25,00 мл і 100,00 мл. На титрування першої з використанням аміачної буферної суміші й індикатора з ЕХЧ пішло 11,20 мл 0,05240 Н робочого розчину трило-

ну Б, а на титрування другої з індикатором мурексидом при $pH = 12$ витратили 21,65 мл трилону Б. Скільки відсотків кальцію і магнію в зразку?

102. Який об'єм стічної води, що містить близько 0,4 г/л іонів кальцію, потрібно взяти для аналізу, щоб на його титрування витрачалося близько 10 мл 0,1 М розчину трилону Б? Як визначити некарбонатну твердість води?

103. При визначенні загальної твердості води на титрування 50,00 мл її (після створення необхідних умов) витрачається 24,18 мл 0,005 М розчину трилону Б, на титрування 25,00 мл тієї ж води (в присутності мурексиду) витрачається 9,6 мл того ж розчину трилону Б. Визначити кальцієву і магнієву твердість води (в ммоль-екв/л і мг/л).

104. Яку наважку цинкової руди, що містить близько 15 % цинку, потрібно взяти для аналізу, щоб після розчинення і видалення заважаючих домішок, цинк відтитрувався 20 мл 0,1 М розчину трилону Б?

105. Визначити концентрацію Mg^{2+} у стічній воді (в г/л), якщо на титрування 20,00 мл проби води (за відповідних умов) витрачено 17,26 мл 0,6905М розчину трилону Б. Як визначити вміст іонів марганцю у воді ?

106. Після відповідної обробки 3,0340 г скла перевели в розчин, відокремили і замаскували заважаючі іони; об'єм розчину довели водою до 100,0 мл. Потім 20,00 мл отриманого розчину відтитрували 7,06 мл 0,0050 М розчином трилону Б у присутності сульфосаліцилової кислоти, як індикатора, при $pH = 2$. Визначити процентний вміст алюмінію у склі.

107. Скільки грамів Mn^{2+} міститься в 1 л стічної води, якщо після відповідної обробки 50 мл проби і маскування заважаючих визначенню марганцю елементів, на титрування витратили 15,42 мл 0,0500 М розчину трилону Б.

108. Яку наважку силікату, що містить близько 20 % Al_2O_3 , потрібно взяти для аналізу, щоб після відповідної обробки проби води алюміній був відділений і відтитрований 10 мл 0,1 М розчином трилону Б.

109. Наважку солі магнію 0,2000 г розчинили в мірній колбі ємкістю 100 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину витратили 20,25 мл 0,0250 М розчину трилону Б. Обчисліть відсотковий вміст магнію в солі.

110. Обчисліть процентний вміст $CaCO_3$ і $MgCO_3$ у вапняку, якщо після розчинення 1,000 г вапняку та відповідної його обробки, об'єм розчину довели водою до 100,0 мл і на титрування 20,00 мл його для визначення суми іонів кальцію та магнію витратили 19,25 мл 0,0514 М розчину трилону Б, а на титрування іонів кальцію витратили 6,26 мл того ж розчину трилону Б.

111. Який об'єм стічної води, що містить близько 0,5 г/л $Co(NO_3)_2$, потрібно взяти для аналізу, щоб на її титрування витрачалось близько 10 мл 0,1 М розчину трилону Б?

112. Скільки грамів металевого цинку треба розчинити в 100,00 мл сірчаної кислоти, щоб на титрування 20,00 мл цього розчину витрачалось 20,00 мл 0,2000 М розчину трилону Б?

113. На титрування 20,00 мл стічної води, що містить $NiCl_2$, витрачено 21,22 мл 0,0207 М трилону Б. Визначити вміст солі нікелю у 10 м³ стічної води.

114. Визначити вміст ацетату свинцю (II) в стічній воді, якщо на титрування 50,00 мл проби води, після відповідної підготовки, витрачено 5,84 мл 0,050 М розчину трилону Б.

115. Для усунення твердості води за вапняно-содовим методом до 50 л води додали 8 г гашеного вапна та 5,8 г кальцінованої соди. Розрахуйте усі види твердості води. Як експериментально визначають загальну твердість води?

116. На титрування 50 мл води в присутності еріохрому чорного витрачено 12 мл 0,025 М розчину трилону Б, а на титрування 100 мл води в присутності метилоранжу-7 мл 0,1 М розчину HCl. Розрахуйте всі форми твердості води. Чи придатна вода для питних цілей?

117. Для усунення твердості води за вапняно-содовим методом до 1 м³ води додали 100 г гашеного вапна та 106 г кальцінованої соди. Розрахуйте всі види твердості води. Запишіть рівняння реакцій.

118. На титрування 100 мл води в присутності еріохрому чорного витрачено 12 мл 0,025М розчину трилону Б, а на титрування 100 мл води у присутності мурексиду 8 мл 0,025 М розчину трилону Б. Розрахуйте загальну твердість води, вміст іонів кальцію та магнію в ммоль-екв/л та мг/л.

119. На титрування 50 мл води в присутності еріохрому чорного витрачено 10 мл 0,025 М розчину трилону Б, а на титрування 100 мл води в присутності метилоранжу 6 мл 0,1 М розчину НСІ. Розрахуйте всі форми твердості води. Чи придатна вода для питних цілей?

120. Розрахуйте масу хлориду кальцію у розчині, якщо на титрування цього розчину витрачено 20 мл 0,05 М розчину трилону Б. Як експериментально визначають вміст іонів кальцію і магнію у воді?

V. Метод осадження. Добуток розчинності. Випадіння осадів

Перед розв'язанням задач цього розділу слід ознайомитися з такими питаннями:

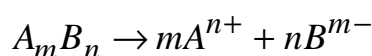
1. Що таке розчинність речовин і добуток розчинності?
2. Як добуток розчинності малорозчинної речовини співвідноситься з його розчинністю?
3. Як розрахувати концентрацію іона - осаджувача за допомогою добутку розчинності?
4. Які умови випадіння осадів?
5. Як впливають на утворення осадів температура, рН та введення ідентичних іонів?
6. Які методи осадження вам відомі, які реакції лежать у їхній основі?
7. Як розраховуються еквіваленти та еквівалентні маси реагентів для приготування розчинів у методах осадження, якої концентрації готуються робочі розчини?
8. Які показники якості води визначають методами осадження?
9. Яким методом визначається вміст іонів хлору у воді?

10. Як визначають точку еквівалентності в методах осадження, які індикатори використовують?

Умови утворення і випадіння осадів під час проведення аналітичних реакцій: осад малорозчинного сильного електроліту утворюється тоді, коли після змішування розчинів реагентів добуток молярних концентрацій катіонів і аніонів ($ИД$) буде більшим, ніж добуток розчинності ($ДР$), тобто коли $ИД > ДР$. Наприклад, осад барій сульфату буде випадати тоді, коли:

$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] > ДР_{BaSO_4}$ - розчин пересичений, переважає процес осадження, де $[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = ИД$. Якщо $ИД = ДР_{BaSO_4}$ - динамічна рівновага; при $ИД < ДР_{BaSO_4}$ - розчин ненасичений, осад не випадатиме, а буде переважати процес розчинення осаду.

У загальному вигляді для електроліту $A_m B_n$, який дисоціює

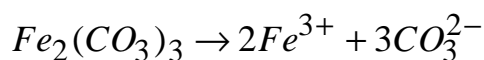


добуток розчинності матиме вигляд

$$ДР_{A_m B_n} = [A^{n+}]^m \cdot [B^{m-}]^n,$$

де m і n – стехіометричні коефіцієнти в рівнянні дисоціації електроліту.

Наприклад, для солі $Fe_2(CO_3)_3$, що дисоціює, як



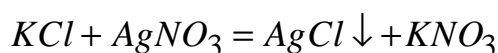
добуток розчинності буде таким

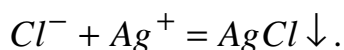
$$ДР_{Fe_2(CO_3)_3} = [Fe^{3+}]^2 \cdot [CO_3^{2-}]^3.$$

Розв'язання типових задач

Задача 1. Чи випадє осад хлориду срібла при змішуванні рівних об'ємів 0,01 М розчину KCl і 0,001 М розчину $AgNO_3$?

Запишемо головне рівняння реакції в аргентометрії при визначенні іону хлору :





Для того, щоб визначити, чи буде утворюватися осад $AgCl$, необхідно:

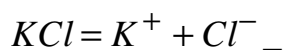
- 1) розрахувати молярні концентрації речовин у розчині після змішування розчинів;
- 2) визначити молярні концентрації у розчині тих іонів, які осаджуються;
- 3) знайти добуток молярних концентрацій іонів (ІД), які утворюють осад;
- 4) порівняти добуток молярних концентрацій іонів ІД з добутком розчинності DP_{AgCl} .

Розв'язання

1. Розрахуємо молярні концентрації KCl і $AgNO_3$ у розчині після змішування розчинів. Оскільки при змішуванні рівних об'ємів розчинів загальний об'єм розчину зростає вдвічі, то молярні концентрації розчинів зменшуються вдвічі. Тоді після змішування розчинів $C_m(KCl) = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ M}$; $C_m(AgNO_3) =$

$$\frac{0,001}{2} = 0,0005 \text{ M}.$$

2. З рівнянь дисоціації електролітів



видно, що $C_m(Cl^{-}) = C_m(KCl) = 0,005 \text{ M}$; $C_m(Ag^{+}) = C_m(AgNO_3) = 0,0005 \text{ M}$.

3. Розрахуємо ІД іонів, які утворюють осад

$$[Ag^{+}] \cdot [Cl^{-}] = ID = 0,005 \cdot 0,0005 = 2,5 \cdot 10^{-6}.$$

4. Порівняємо ІД з DP_{AgCl} , який згідно з даними **табл. 1** Додатку дорівнює $1,78 \cdot 10^{-10}$.

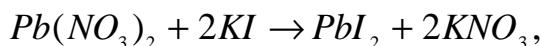
$$\begin{array}{cc} ID & DP_{AgCl} \\ 2,5 \cdot 10^{-6} & > 1,78 \cdot 10^{-10} \end{array}$$

Отже, розчин пересичений, тому осад $AgCl$ випаде.

Задача 2. Чи випаде осад PbI_2 за 25^0C при змішуванні 100 см^3 $0,0015\text{ М}$ розчину $Pb(NO_3)_2$ і 200 см^3 $0,0012\text{ М}$ розчину KI ?

Розв'язання

Запишемо рівняння реакції

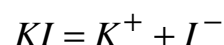
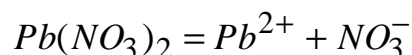


1. Розрахуємо молярні концентрації кожної солі після змішування:

$$C_M(Pb(NO_3)_2) = \frac{0,0015 \cdot 100}{300} = 0,0005 \text{ (моль/л)},$$

$$C_M(KI) = \frac{0,0012 \cdot 200}{300} = 0,0008 \text{ (моль/л)}.$$

2. З рівнянь дисоціації солей



впливає, що

$$C_M(Pb^{2+}) = C_M(Pb(NO_3)_2) = 0,0005\text{ М}; C_M(I^-) = C_M(KI) = 0,0008\text{ М}.$$

3. Розрахуємо ІД іонів, що утворюють осад PbI_2

$$ID = [Pb^{2+}] \cdot [I^-]^2 = 5 \cdot 10^{-4} \cdot (8 \cdot 10^{-4})^2 = 3,2 \cdot 10^{-10}.$$

4. Порівняємо ІД з $ДР_{PbI_2}$, який згідно з даними **табл. 1** Додатку дорівнює $1,1 \cdot 10^{-9}$. Очевидно, що $ID < ДР_{PbI_2}$, розчин ненасичений і осад не буде випадати.

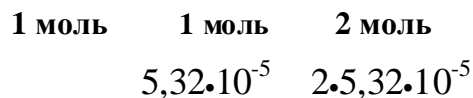
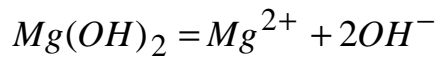
Задача 3. Розчинність магній дигідроксиду за 25^0C дорівнює $3,1\text{ мг/дм}^3$. Обчисліть добуток розчинності цієї речовини.

Розв'язання

1. Розрахуємо молярну концентрацію $Mg(OH)_2$ у насиченому розчині:

$$C_M(Mg(OH)_2) = \frac{m(Mg(OH)_2)}{M(Mg(OH)_2) \cdot V_{\text{розчину}}} = \frac{3,1 \cdot 10^{-3}}{58,32 \cdot 1} = 5,32 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3.$$

Розрахуємо добуток розчинності $Mg(OH)_2$:



$$DP_{Mg(OH)_2} = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = 5,32 \cdot 10^{-5} \cdot (1,064 \cdot 10^{-4})^2 = 6,02 \cdot 10^{-13}$$

Задача 4. За якої молярної концентрації алюміній-іона буде утворюватися осад алюміній тригідроксиду з розчину, рН якого дорівнює 6?

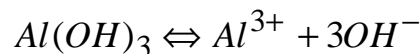
$$DP_{Al(OH)_3} = 3,2 \cdot 10^{-34}.$$

Розв'язання

1. Розрахуємо молярну концентрацію гідроксид – іонів у розчині.

Оскільки рН=6, то $[H^+] = 10^{-6}$, тоді $pOH = 10^{-14} / 10^{-6} = 10^{-8}$ моль/л.

2. Розрахуємо молярну концентрацію алюміній-іона в розчині



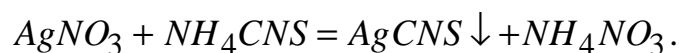
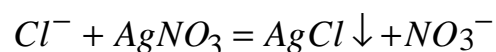
$$DP_{Al(OH)_3} = [Al^{3+}] \cdot [OH^-]^3, \text{ звідки}$$

$$Al^{3+} = \frac{DP_{Al(OH)_3}}{[OH^-]^3} = \frac{3,2 \cdot 10^{-34}}{(10^{-8})^3} = 3,2 \cdot 10^{-10} \text{ моль/л.}$$

Таким чином, при рН = 6 утворення осаду $Al(OH)_3$ починається за молярної концентрації алюміній-іонів $> 3,2 \cdot 10^{-10}$ моль/л.

Задача 5. До розчину речовини, що містить хлор, додали 30 мл 0,1092 Н розчину $AgNO_3$, надлишок якого відтитрували 0,6 мл 0,1105 Н розчину NH_4CNS . Наважка речовини 0,2154 г. Розрахуйте масову частку хлору в наважці.

Розв'язання. В розчині відбуваються дві хімічні реакції:



Очевидно, що на титрування хлорид-іонів пішло $(30 \cdot 0,1092 - 0,6 \cdot 0,1105)$ ммоль $AgNO_3$, що дорівнює $(30 \cdot 0,1092 - 0,6 \cdot 0,1105) \cdot M(Cl^-)$ мг хлорид-іонів. Тоді масова частка хлорид-іонів буде дорівнювати:

$$\omega(Cl) = \frac{m(Cl)}{m(\text{і âââæ èè})} = \frac{(30 \cdot 0,1092 - 0,6 \cdot 0,1105) \cdot 35,45}{1000 \cdot 0,2154} \cdot 100 = 52,82\% .$$

Контрольні задачі

Значення ДР для електrolітів наведені в табл. 1 Додатку 1 наприкінці методичних вказівок.

121. Яку наважку KCl (х.ч.) потрібно взяти, щоб приготувати розчин, необхідний для встановлення концентрації $\sim 0,1$ Н розчину нітрату срібла, користуючись при цьому мірною колбою на 500 мл?

122. Яку наважку $NaCl$ (х.ч.) потрібно взяти для встановлення точної концентрації приблизно 0,05 Н розчину нітрату срібла, щоб на титрування отриманого з нього розчину, пішло не більше 25 мл розчину нітрату срібла?

123. 1,4960 г KCl (х.ч.) розчинили в мірній колбі на 200 мл. Скільки мілілітрів 0,1000 Н розчину $AgNO_3$ витратиться на титрування 20,00 мл розчину KCl ?

124. До розчину, отриманому розчиненням 0,2130 г KCl , додали хромат калію K_2CrO_4 і 30,00 мл 0,1 Н розчину $AgNO_3$. Який колір матиме розчин?

125. Розрахуйте наважку кухонної солі, що містить приблизно 80% $NaCl$, необхідну для аналізу на вміст іонів хлору, якщо об'єм мірної колби 500 мл, а розчин $AgNO_3$ має концентрацію 0,0500 Н?

126. Скільки грамів чистого срібла потрібно розчинити в азотній кислоті та розбавити в мірній колбі об'ємом 100,0 мл, щоб на титрування 20,00 мл отриманого розчину витрачалось стільки ж 0,0500 Н розчину NH_4SCN ?

127. Розрахуйте наважку карналіту $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ для аналізу на вміст хлору, щоб після розчинення її й осадження 20,00 мл 0,1020 Н розчином

$AgNO_3$ на титрування надлишку нітрату срібла пішло 25,00 мл розчину 0,0486 N розчину NH_4SCN .

128. 3,00 г $NaCl$ розчинили в мірній колбі на 500 мл. Яким об'ємом 0,1000 N розчину $AgNO_3$ потрібно обробити 20,00 мл отриманого розчину, щоб на титрування надлишку срібла витрачалось 25,00 мл 0,0500 N розчину роданиду амонію?

129. Розрахуйте наважку броміду калію, щоб на її титрування було витрачено не більше 25 мл 0,05 M розчину нітрату срібла.

130. При яких значеннях рН і який з осадів - $Fe(OH)_3$ чи $Mn(OH)_2$ буде випадати першим при поступовому доданні розчину $NaOH$ до суміші, яка вміщує 0,1 моль/дм³ $MnCl_2$ і 0,001 моль/дм³ $FeCl_3$? $ДР_{Mn(OH)_2} = 4 \cdot 10^{-14}$, $ДР_{Fe(OH)_3} = 3,8 \cdot 10^{-38}$.

131. У 20 мл розчину міститься 20 мг K_2CrO_4 і 15 мг K_2SO_4 . До розчину додають невеликими порціями розчин $Ca(NO_3)_2$. Який осад буде осаджуватися першим? Відповідь підтвердить розрахунками.

132. До 50 мл 0,02 M розчину хлориду кальцію додали 50 мл 0,03 M розчин сульфату калію. Скільки сульфату кальцію (г/л) залишиться в розчині?

133. Скільки міліграмів KCN знаходиться в розчині, на титрування якого до точки еквівалентності потрібно 26,05 мл 0,1015 n розчину $AgNO_3$?

134. Розрахуйте нормальну концентрацію розчинів $AgNO_3$ і NH_4SCN , якщо при дії 30,00 мл розчину $AgNO_3$ на 0,1173 г $NaCl$ надлишок іонів срібла відтитрували 3,20 мл розчину NH_4SCN . Попередньо було визначено, що на титрування 20,00 мл розчину $AgNO_3$ потрібно 21,00 мл розчину NH_4SCN .

135. Скільки грамів $NaCl$ міститься в 1 л розсолу, якщо після розведення 10,00 мл його в мірній колбі на 500 мл на титрування 25,00 мл розчину йде 24,42 мл 0,1 N розчину $AgNO_3$?

136. У мірну колбу об'ємом 250 мл вмістили 25,00 мл розведеної HCl і довели дистильованою водою до позначки. На титрування 20,00 мл цього роз-

чину витрачено 24,37 мл 0,9850 Н розчину $AgNO_3$. Скільки грамів хлороводневої кислоти міститься в 1 л досліджуваної кислоти ?

137. Скільки грамів KCl міститься в 250 мл розчину, якщо на титрування 25,00 мл його витрачено 17,00 мл 0,0525 Н розчину $AgNO_3$?

138. Визначити, чи буде утворюватися осад, якщо до 100 мл 0,001 М розчину $PbSO_4$ додати 200 мл розчину NaI з концентрацією 0,15 г/л? $ДР PbI_2 = 8,7 \cdot 10^{-9}$.

139. На титрування розчину, отриманого розчиненням 0,2082 г $NaBr$, витрачено 22,80 мл розчину $Hg_2(NO_3)_2$. На титрування 20,00 мл $Hg_2(NO_3)_2$ витрачено 19,82 мл розчину NH_4SCN . Визначити нормальну концентрацію розчину NH_4SCN .

140. При якому значенні рН почнеться випадіння осаду $Fe(OH)_2$ із 0,1М розчину сульфату заліза (II), якщо до нього приливати розчин $NaOH$? $ДР Fe(OH)_2 = 1,1 \cdot 10^{-15}$.

141. При аналізі срібного сплаву, що містить 85 % срібла, взяли наважку 0,5000 г. Якою повинна бути нормальна концентрація розчину $KSCN$, щоб на титрування пішло 50,00 мл цього розчину?

142. Чи буде випадати осад карбонату мангану, якщо до 0,02 М розчину $MnCl_2$ додати такий же об'єм 0,03 М розчину Na_2CO_3 . $ДР MnCO_3 = 5,05 \cdot 10^{-1}$

143. На титрування 20,00 мл 0,05 Н розчину $NaCl$ витрачено 19,64 мл розчину $AgNO_3$. Визначте нормальну концентрацію розчину $AgNO_3$.

144. До насиченого розчину сульфату кальцію додали рівний об'єм розчину $2,5 \cdot 10^{-2}$ г/л оксалату амонію. Чи буде утворюватися осад оксалату кальцію? $ДР CaC_2O_4 = 2,3 \cdot 10^{-9}$, $ДР CaSO_4 = 3,7 \cdot 10^{-5}$.

145. Скільки міліграмів $NaCl$ міститься в 1 л розчину, якщо на титрування 20,00 мл цього розчину пішло 18,62 мл 0,1000 Н розчину $AgNO_3$.

146. У скільки разів зменшиться концентрація іонів срібла в насиченому розчині хлориду срібла, якщо до нього додати стільки хлороводневої кислоти, щоб концентрація кислоти в розчині виявилася рівною 0,03 М?

147. Добуток розчинності фосфату срібла дорівнює $1,8 \cdot 10^{-18}$, а хромату срібла - $4,05 \cdot 10^{-12}$ при 25°C . Яка з цих солей дасть меншу концентрацію іонів срібла в насиченому розчині при 25°C . До 100 мл насиченого розчину хлориду срібла додали 1,7 мг нітрату срібла. Розрахуйте концентрацію хлорид-іонів у розчині.

148. В 1 л водного розчину міститься по 20 мг іонів срібла і свинцю. Яка сіль випаде в осад раніше, якщо до цього розчину додавати по краплях розчин хромату свинцю?

149. Чи випаде осад хлориду свинцю (II), якщо до 10 мл 0,01 М розчину нітрату свинцю долити 10 мл 0,01 М розчину хлориду натрію?

150. Визначити масову частку срібла в сплаві, якщо після розчинення його наважки вагою 0,5000 г в азотній кислоті на титрування отриманого розчину витрачено $24,90\text{ см}^3$ 0,1600 М розчину NH_4SCN .

VI. Метод окислення-відновлення

Перед виконанням індивідуальних завдань слід засвоїти такий матеріал:

1. Які головні окислювально-відновні методи об'ємного аналізу вам відомі, на яких реакціях вони ґрунтуються?

2. Дайте коротку характеристику (рівняння реакцій, робочі розчини та їх приготування, індикатори, області застосування) методів окислювання - відновлення: а) перманганатометрії; б) хроматометрії; в) йодометрії.

3. Як визначаються фактори еквівалентності й еквівалентні маси в реакціях окислювання - відновлення? Навести приклади.

4. Якими способами фіксується точка еквівалентності в методах окислювання - відновлення?

5. Які індикатори використовують в редоксиметрії і який принцип їхньої дії? Що називають інтервалом переходу редокс-індикаторів?

6. Від яких факторів залежить швидкість і спрямованість окислювально-відновних реакцій?

7. Які речовини можна визначати методом перманганатометрії? Який показник якості води визначають цим методом?

8. Які речовини можна визначати методом хроматометрії? Які показники якості води визначають цим методом?

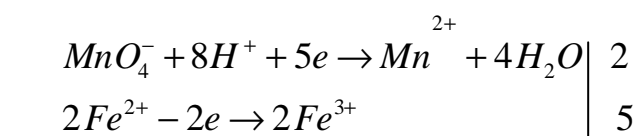
9. Які речовини можна визначати методом йодометрії? Які показники якості води визначають цим методом?

Розв'язання типових задач

Задача 1. Розрахуйте фактори еквівалентності (f) і молярні маси еквівалентів (M_E) $KMnO_4$ і $FeSO_4$, що беруть участь у реакції:



Розв'язання. Для знаходження фактору еквівалентності окисника і відновника обов'язково треба записати рівняння напівреакцій :



Фактор еквівалентності в окислювально-відновних реакціях ($f(X)$) – це число, що визначає, яка доля реальної частки речовини еквівалентна одному електрону в окислювально-відновній реакції. Це безрозмірна величина. Фактор еквівалентності розраховують за формулою

$$f(X) = \frac{1}{z}$$

де z – кількість електронів.

Оскільки один іон Fe^{2+} віддає 1 електрон, отже $f(FeSO_4) = 1$, а $M_E(FeSO_4) = M \cdot f(FeSO_4) = 151,91 \cdot 1 = 151,91$ г/моль-екв.

Для $KMnO_4$ фактор еквівалентності дорівнює $f(KMnO_4) = 1/5$, а $M_E(KMnO_4) = M \cdot f(KMnO_4) = 158,04 \cdot 1/5 = 31,60$ г/моль-екв.

Задача 2. Наважку руди масою 0,2148 г розчинили в сірчаній кислоті. Залізо (II) відновили до заліза (III), а потім відтитрували 17,4 см³ 0,11 Н розчином $KMnO_4$. Розрахуйте масову частку заліза в руді.

Розв'язання. Рівняння взаємодії Fe^{2+} з $KMnO_4$ (див. задача № 1). Згідно з рівнянням реакції $f(Fe^{2+})=1$, $M_E = M \cdot f(Fe^{2+}) = 55,85 \cdot 1 = 55,85$ г/моль-екв.

У титриметричному аналізі речовини взаємодіють в еквівалентних співвідношеннях, тобто в точці еквівалентності:

$$v_E(Fe^{2+}) = v_E(KMnO_4);$$

$$v_E(Fe^{2+}) = \frac{m(Fe^{2+})}{M(Fe^{2+}) \cdot f(Fe^{2+})}; \quad v_E(KMnO_4) = C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4);$$

отже

$$\frac{m(Fe^{2+})}{M(Fe^{2+}) \cdot f(Fe^{2+})} = C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4).$$

Тоді масу заліза знаходять як:

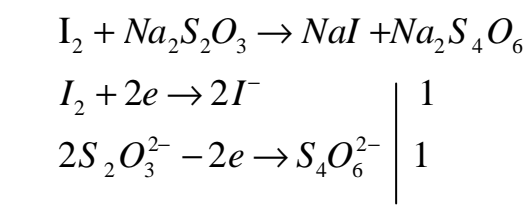
$$\begin{aligned} m(Fe^{2+}) &= C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4) \cdot M(Fe^{2+}) \cdot f(Fe^{2+}) = \\ &= 0,11 \cdot 17,4 \cdot 10^{-3} \cdot 55,85 \cdot 1 = 0,1069 \text{ г.} \end{aligned}$$

Масову частку заліза в руді розраховують таким чином:

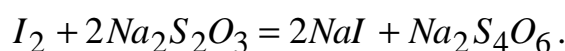
$$\omega(Fe) = \frac{m(Fe)}{m(\text{руді})} \cdot 100\% = \frac{0,1069}{0,2148} \cdot 100\% = 49,77\%.$$

Задача 3. Скільки грамів йоду містилося в пробі води, якщо на його титрування було витрачено $18,6 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ Н}$ розчину $Na_2S_2O_3$.

Розв'язання. Запишемо головне рівняння йодометричного методу аналізу



Після підстановки коефіцієнтів рівняння набуває наступного вигляду:



Фактор еквівалентності йоду дорівнює $f(I_2) = 1/2$; $M_E(I_2) = M \cdot f(I_2) = 253,8/2 = 126,90$ г/моль-екв; $f(Na_2S_2O_3) = 1$, $M_E = M \cdot f(Na_2S_2O_3) = 158,10 \cdot 1 =$

= 158,10 г/моль-екв.

Речовини взаємодіють в еквівалентних співвідношеннях, тобто в точці еквівалентності:

$$v_E(I_2) = v_E(Na_2S_2O_3);$$

$$v_E(I_2) = \frac{m(I_2)}{M_E(I_2)}; \quad v_E(Na_2S_2O_3) = C_H \cdot V;$$

$$m(I_2) = C_H \cdot V \cdot M_E(I_2) = 18,6 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 126,9 = 0,0236 \text{ г.}$$

Контрольні задачі

Значення показників якості води наведені в Додатку 2 наприкінці методичних вказівок.

151. Яку наважку $Na_2C_2O_4$ потрібно взяти, щоб на її титрування пішло 20 мл 0,1 Н розчину $KMnO_4$ у кислому середовищі? Запишіть рівняння реакції.

152. На титрування наважки $Na_2C_2O_4$ вагою 0,1133 г у кислому середовищі пішло 20,75 мл розчину $KMnO_4$. Розрахуйте нормальну концентрацію $KMnO_4$. Запишіть рівняння реакції.

153. До наважки 0,1200 г $K_2Cr_2O_7$ додали надлишок KI і соляної кислоти; йод, що виділився, відтитрували 22,85 мл розчину $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте нормальну концентрацію тіосульфату натрію. Запишіть рівняння реакції.

154. До розчину KI , що містить сірчану кислоту, додали 20 мл 0,1133 Н розчину $KMnO_4$, а йод, що виділився, відтитрували 25,9 мл розчину $Na_2S_2O_3$. Яка нормальна концентрація тіосульфату натрію? Запишіть рівняння реакції.

155. Скільки міліграмів йоду міститься в розчині, якщо на його титрування пішло 20 мл 0,1040 Н розчину $Na_2S_2O_3$? Запишіть рівняння реакції.

156. Скільки грамів $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ потрібно взяти, щоб приготувати 1300 см³ 0,1 Н розчину? Для чого використовують розчин $Na_2S_2O_3$? Запишіть рівняння реакції.

157. Який об'єм 0,1 Н розчину $KMnO_4$ потрібний для окислювання Fe^{2+} у 0,40 г руди, що містить 50 % заліза? Запишіть рівняння реакції.

158. Наважку руди вагою 0,2133 г розчинили в сірчаній кислоті; залізо, що міститься в пробі, відновили до Fe^{2+} і потім відтитрували 17,2 мл 0,1117 Н розчином $KMnO_4$. Розрахуйте відсотковий вміст заліза в руді. Запишіть рівняння реакцій.

159. Сплав вагою 5,00 г містить свинець. За допомогою ряду реакцій свинець перевели в $PbCrO_4$. Дією на цю речовину кислоти і KI був виділений йод, на титрування якого пішло 10,20 мл 0,1031 Н розчину $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте відсотковий вміст свинцю в сплаві. Запишіть рівняння реакцій.

160. При аналізі стічної води на вміст кальцію його осадили у вигляді CaC_2O_4 . Промитий осад був розчинений у розведеній сірчаній кислоті й відтитрований 20,75 мл 0,02 Н розчином $KMnO_4$. Розрахуйте вміст кальцію в 10 л аналізуємої води. Запишіть рівняння реакцій.

161. Для визначення сульфідів було взято 500 мл стічної води. З цієї проби дією сульфату цинку осадили сульфіді, осад відфільтрували, промили. Потім фільтр з осадом вмістили в конічну колбу на 250 мл і додали туди 50 мл 0,01 Н розчину йоду та 5 мл хлороводневої кислоти. Надлишок йоду відтитрували 25,40 мл 0,1Н розчином $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте концентрацію сульфідів (г/л) у стічній воді.

162. Для визначення часткової окисності стічної води взяли 10 мл проби, прокип'ятили 10 хв. із 20 мл 0,01 Н розчину $KMnO_4$ у сірчаноокислому середовищі. Після кип'ятіння до гарячої проби додали 20 мл 0,01 Н розчину щавлевої кислоти. Надлишок щавлевої кислоти відтитрували 10,2 мл 0,01 Н розчином $KMnO_4$. Чому дорівнює окисність стічної води? Запишіть рівняння реакцій.

163. Для визначення повної окисності (ХПК) води взяли 10 мл стічної води. Пробу вмістили в конічну колбу на 200 мл, долили піпеткою 5 мл 0,25 Н розчину K_2CrO_4 , додали 1 г сульфату ртуті (для зв'язування іонів хлору) і 0,4 г сульфату срібла (каталізатор). Потім додали 30 мл концентрованої сірчаної ки-

слоти. Розчину дали охолонути, додали 3-4 краплі дифеніламіну й відтитрували 0,25 Н розчином солі Мора. Яке значення ХПК води, якщо на титрування пішло 3,2 мл солі Мора? Запишіть рівняння реакцій.

164. Скільки грамів кальцію міститься в 250 мл розчину хлориду кальцію, якщо після додання до 25 мл цього розчину 40 мл 0,1 Н розчину $(NH_4)_2C_2O_4$, на титрування надлишку $(NH_4)_2C_2O_4$ пішло 15 мл 0,02 Н розчину $KMnO_4$. Запишіть рівняння реакцій.

165. Скільки мілілітрів хлорної води, яка містить близько 2 % хлору, потрібно взяти для аналізу на вміст вільного хлору методом йодометрії, щоб на титрування її після відповідної обробки витратилося 22,4 мл 0,1246 Н розчину $Na_2S_2O_3$? Запишіть рівняння реакцій.

166. Який об'єм 0,1 Н розчину $KMnO_4$ піде на титрування: а) 0,15 г оксалату натрію; б) наважки 0,3 г руди, що вміщує 43% (за масою) заліза? Запишіть рівняння реакції.

167. Стічну воду, що містить $CuSO_4$ взяли в кількості 250 мл, помістили в мірну колбу на 1 л і довели до позначки дистильованою водою. До 25 мл отриманого розчину долили надлишок підкисленого розчину KI . Виділений йод відтитрували 20,45 мл 0,1046 Н розчином $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте концентрацію Cu^{2+} у стічній воді в г/л. Запишіть рівняння реакції.

168. До наважки 0,1508 г $K_2Cr_2O_7$ додали надлишкову кількість KI і хлорводневої кислоти. Виділений йод відтитрували 21,65 мл розчином $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте нормальну концентрацію розчину $Na_2S_2O_3$. Запишіть рівняння реакції.

169. Для визначення у природній воді розчиненого кисню в заповнену водою кисневу склянку ($V = 238,4$ мл) долили 2 мл розчину $MnSO_4$ і 2 мл розчину KOH . Склянку закрили та ретельно перемішали розчин з осадом. Потім усе перенесли до конічної колбу на 500 мл, додали 5 мл розведеної сірчаної кислоти і 2 мл 10 %-го розчину KI . Після 5- хвилинної витримки склянки з розчином

у темному місці йод, що виділився, відтитрували 14,2 мл 0,012 Н розчином $Na_2S_2O_3$. Який вміст кисню в 1 л природної води? Запишіть рівняння реакцій.

170. Наважку 0,2940 г K_2CrO_4 розчинили у мірній колбі об'ємом 200 мл. Додали підкислений розчин KI . На титрування 25,00 мл отриманого розчину з крохмалю пішло 20,00 мл розчину $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте еквіваленти та нормальні концентрації речовин, які беруть участь у реакції. Запишіть рівняння реакції.

171. Скільки грамів хлору міститься в 1 л води, якщо після додання до 25 мл води надлишку KI , на титрування йоду, що утворився, витрачено 20,1 мл 0,11 Н розчину тіосульфату натрію. Запишіть рівняння реакцій.

172. Для визначення вмісту хрому в стічній воді було проведено два паралельних титрування:

а) 20 мл аналізованої стічної води при визначенні хрому (VI) підкислили сірчаною кислотою й відтитрували 10,2 мл 0,25 Н розчином солі Мора;

б) 20 мл аналізованої стічної води при визначенні загального вмісту хрому підкислили сірчаною кислотою, обробили персульфатом амонію для окислювання хрому (III) у хром (VI) і відтитрували 18,5 мл 0,25 Н розчином солі Мора. Розрахуйте вміст хрому (VI) і хрому (III) у 1 л стічної води. Запишіть рівняння реакцій.

173. До 30 мл 0,107 Н розчину $KMnO_4$ додали сірчану кислоту і йодид калію. Утворений йод відтитрували 33,27 мл розчином $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте нормальну концентрацію розчину $Na_2S_2O_3$. Запишіть рівняння реакцій.

174. Для аналізу технічного нітриту натрію 1,3730 г його розчинили в мірній колбі об'ємом 1000 мл. На титрування 20 мл розчину перманганату калію з концентрацією 0,05 Н пішло 26,90 мл отриманого розчину нітриту натрію. Скільки відсотків нітриту натрію в технічному зразку? Запишіть рівняння реакцій.

175. Скільки мг йоду містить проба води, якщо на титрування 20 мл проби води витрачено 16,5 мл 0,1 М розчину тіосульфату натрію? Запишіть рівняння реакції.

176. До наважки 0,14 г біхромату калію додали надлишок йодиду калію та соляної кислоти, виділившийся йод відтитрували 23,5 мл розчином тіосульфату натрію. Визначити молярну та нормальну концентрації тіосульфату натрію. Запишіть рівняння реакцій.

177. У мірній колбі на 100 мл приготували розчин щавлевої кислоти. На титрування 20 мл цього розчину було витрачено 17,7мл 0,01М розчину перманганату калію. Визначити, скільки грамів безводної щавлевої кислоти містилося в колбі (рівняння реакції).

178. До 15 мл 0,1 М розчину йоду додали 25 мл 0,05 М розчину тіосульфату натрію. Синім чи безбарвним буде розчин (рівняння реакції)?

179. Скільки відсотків заліза містить залізна проволочка, якщо після розчинення 0,12 г її в сірчаній кислоті (без доступу повітря), на титрування цього розчину витрачено 20,5 мл 0,02 М розчину перманганату калію. Запишіть рівняння реакцій.

180. Наважку руди вагою 0,2453 г розчинили в сірчаній кислоті; залізо, що міститься в пробі, відновили до Fe^{2+} і потім відтитрували 18,4 мл 0,12 Н розчином $KMnO_4$. Розрахуйте відсотковий вміст заліза в руді. Запишіть рівняння реакцій.

Список літератури

1. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа – М.: Химия, 1975.
2. Алексеев В.Н. Количественный анализ. - М.:Химия, 1975.
3. Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды. Практикум.- Киев: Вища школа, 1987.
4. Возная И.Я. Химия воды и микробиология. - М.: Вища школа, 1967.
5. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природного середовища.- Київ: Либідь, 1996.
6. Задачник по аналитической химии /Под ред. Н.Ф. Клещева).- М.: Химия, 1993.
7. Сегеда А.С., Галаган Р.Л. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз.- Київ: ЦУЛ, 2002.
8. Вода питьевая. Методы анализа. Сборник ГОСТов.-М.: Изд. стандартов, 1984.

Додаток 1

Таблиця 1. Добуток розчинності електролітів за 25° С

Електроліт	ДР	Електроліт	ДР
<i>AgCl</i>	$1,78 \cdot 10^{-10}$	<i>Cr(OH)₃</i>	$6,3 \cdot 10^{-31}$
<i>AgBr</i>	$6,0 \cdot 10^{-13}$	<i>Fe(OH)₂</i>	$8 \cdot 10^{-16}$
<i>AgI</i>	$1,1 \cdot 10^{-16}$	<i>Fe(OH)₃</i>	$6,3 \cdot 10^{-38}$
<i>Ag₂CrO₄</i>	$4,0 \cdot 10^{-12}$	<i>FeCO₃</i>	$3,5 \cdot 10^{-11}$
<i>Ag₂S</i>	$6,0 \cdot 10^{-50}$	<i>FePO₄</i>	$1,3 \cdot 10^{-22}$
<i>Ag₂SO₄</i>	$2,0 \cdot 10^{-5}$	<i>Hg₂Cl₂</i>	$1,3 \cdot 10^{-18}$
<i>Ag₂CO₃</i>	$8,2 \cdot 10^{-12}$	<i>Hg₂Br₂</i>	$5,8 \cdot 10^{-23}$
<i>Ag₃PO₄</i>	$1,8 \cdot 10^{-18}$	<i>Hg₂I₂</i>	$4,5 \cdot 10^{-29}$
<i>AgOH</i>	$1,6 \cdot 10^{-8}$	<i>Hg₂CO₃</i>	$8,9 \cdot 10^{-17}$
<i>Al(OH)₃</i>	$3,2 \cdot 10^{-34}$	<i>Hg₂CrO₄</i>	$5,0 \cdot 10^{-9}$
<i>AlPO₄</i>	$5,8 \cdot 10^{-19}$	<i>Mg(OH)₂</i>	$6,0 \cdot 10^{-10}$
<i>BaCO₃</i>	$4,0 \cdot 10^{-10}$	<i>Mn(OH)₂</i>	$1,9 \cdot 10^{-13}$
<i>Ba₂C₂O₄</i>	$1,1 \cdot 10^{-7}$	<i>PbCl₂</i>	$1,6 \cdot 10^{-5}$
<i>BaCrO₄</i>	$1,2 \cdot 10^{-10}$	<i>PbBr₂</i>	$9,1 \cdot 10^{-6}$
<i>Ba₃(PO₄)₂</i>	$6 \cdot 10^{-39}$	<i>PbI₂</i>	$1,1 \cdot 10^{-9}$
<i>Ba₂P₂O₇</i>	$3 \cdot 10^{-11}$	<i>PbCO₃</i>	$7,5 \cdot 10^{-14}$
<i>BaSO₄</i>	$1 \cdot 10^{-10}$	<i>PbCrO₄</i>	$1,8 \cdot 10^{-14}$
<i>Ba(OH)₂</i>	$1 \cdot 10^{-8}$	<i>PbSO₄</i>	$1,6 \cdot 10^{-8}$
<i>BaSeO₄</i>	$5,0 \cdot 10^{-8}$	<i>Pb(OH)₂</i>	$5,0 \cdot 10^{-16}$
<i>Bi(OH)₃</i>	$3,2 \cdot 10^{-40}$	<i>SnI₂</i>	$8,3 \cdot 10^{-6}$
<i>CaCO₃</i>	$4,8 \cdot 10^{-9}$	<i>Sn(OH)₂</i>	$6,3 \cdot 10^{-27}$
<i>CaC₂O₄</i>	$2,3 \cdot 10^{-9}$	<i>ZnS</i>	$1,6 \cdot 10^{-24}$
<i>CaCrO₄</i>	$7,1 \cdot 10^{-4}$	<i>Zn(OH)₂</i>	$1,2 \cdot 10^{-17}$
<i>Ca₃(PO₄)₂</i>	$2,0 \cdot 10^{-29}$	<i>ZnCO₃</i>	$1,5 \cdot 10^{-11}$
<i>CaSO₄</i>	$2,5 \cdot 10^{-5}$	<i>ZnC₂O₄</i>	$2,8 \cdot 10^{-8}$

Таблиця 2. Константи дисоціації електролітів за 25⁰ С

Формула кислоти	K _д	Формула основи	K _д
H ₃ AsO ₃	5,9 · 10 ⁻¹⁰	Al(OH) ₃	1,38 · 10 ⁻⁹
HBrO	2,0 · 10 ⁻⁹	NH ₄ OH	6,3 · 10 ⁻⁵
H ₃ BO ₃	7,1 · 10 ⁻¹⁰	Ba(OH) ₂	2,3 · 10 ⁻¹
H ₂ CO ₃	4,5 · 10 ⁻⁷	Fe(OH) ₂	1,3 · 10 ⁻⁴
HCN	5,0 · 10 ⁻¹⁰	Fe(OH) ₃	1,35 · 10 ⁻¹²
CH ₃ COOH	1,74 · 10 ⁻⁵	Cd(OH) ₂	5,0 · 10 ⁻³
H ₂ C ₂ O ₄	5,6 · 10 ⁻²	Ca(OH) ₂	4,0 · 10 ⁻²
HF	6,2 · 10 ⁻⁴	Co(OH) ₂	4,0 · 10 ⁻⁵
HNO ₂	6,9 · 10 ⁻⁴	Mg(OH) ₂	2,5 · 10 ⁻³
H ₃ PO ₃	3,1 · 10 ⁻²	Mn(OH) ₂	5,0 · 10 ⁻⁴
H ₃ PO ₄	7,1 · 10 ⁻³	Cu(OH) ₂	3,4 · 10 ⁻⁷
H ₂ S	1,0 · 10 ⁻⁷	Ni(OH) ₂	2,5 · 10 ⁻⁵
H ₂ SO ₃	1,4 · 10 ⁻²	Pb(OH) ₂	3,0 · 10 ⁻⁸
H ₂ Se	1,3 · 10 ⁻⁴	AgOH	5,0 · 10 ⁻³
H ₂ SiO ₃	1,3 · 10 ⁻¹⁰	Sc(OH) ₂	7,6 · 10 ⁻¹⁰
HIO ₃	2,3 · 10 ⁻¹¹	Sr(OH) ₂	1,5 · 10 ⁻¹
HClO	2,95 · 10 ⁻⁸	Cr(OH) ₃	1,0 · 10 ⁻¹⁰
H ₂ MnO ₄	2,9 · 10 ⁻³	Zn(OH) ₂	4,0 · 10 ⁻⁵
H ₂ SnO ₃	4,0 · 10 ⁻¹⁰		

Примітка. Константи дисоціації кислот наведені за першим, а основ - за останнім ступенем дисоціації.

Додаток 2

ГОСТ 2874-82. Вода питна.

Гігієнічні вимоги і контроль за якістю

Головними вимогами до якості воді є:

- 1) безпечність у бактеріологічному відношенні;
- 2) нешкідливість хімічного складу;
- 3) сприятливі органолептичні властивості;
- 4) радіаційна безпечність.

1. Органолептичні показники (фізичні показники)

Показники	Норма, не більше
Запах за 20 ⁰ С і при нагріванні до 60 ⁰ С, бал	2
Смак і присмак за 20 ⁰ С, бал	2
Каламутність, мг/л	1,5
Кольоровість, град.	20

2. Показники, які впливають на органолептичні властивості води (хімічні показники)

Показники	Норма, не більше
Сухий залишок	1000
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	500
Хлориди (Cl ⁻)	350
Залізо (Fe ²⁺ , Fe ³⁺)	0,3
Марганець (Mn ²⁺)	0,1
Мідь (Cu ²⁺)	1,0
Цинк (Zn ²⁺)	5,0
Поліфосфати (PO ₄ ²⁻)	3,5
Твердість загальна, ммоль-екв/л	7
Водневий показник рН	6,5 – 8,5

**3. Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу води
(ГСАНПИН 4630-88)**

Показники	Норма, не більше
Мінералізація загальна (сухий залишок), мг/л	100-1000
Твердість загальна, ммоль-екв/л	1,5-7
Лужність загальна, ммоль-екв/л	0,5-6,5
Магній (Mg^{2+}), мг/л	10-80
Фтор (F^-) мг/л	0,7-1,5

4. Токсикологічні показники

Показники	Норма, мг/л, не більше
Алюміній залишковий (Al^{3+})	0,5
Берилій	0,0002
Молібден (Mo^{2+})	0,25
Миш'як (As^{3+}, As^{5+})	0,05
Поліакриламід	2,0
Свинець (Pb^{2+})	0,01
Мідь (Cu^{2+})	1,0
Селен (Se^{6+})	0,01
Стронцій (Sr^{2+})	7,0
Фтор (F^-) для кліматичних районів	
1 и 11	1,5
111	1,2
1V	0,7
Нітрати (у перерахунку на NO_3^-)	45

5. Вміст залишкового хлору і озону у воді

Вид реагенту	Залишкова концентрація, мг/л	Тривалість контакту реагенту з водою, хв., не менше
Хлор вільний після РЧВ*	0,3 – 0,5	30
Хлор зв'язаний після РЧВ	0,8 – 1,2	60
Озон після камери змішування	0,1 – 0,3	12

*РЧВ – резервуар чистої води..

6. Мікробіологічні показники

Показники	Норма, шт., не більше
Число мікроорганізмів в 1 см ³	100
Число бактерій групи кишкової палички в 1 л води (колі-індекс)	3

Вказівки до виконання контрольної роботи

Рішення задач і відповіді повинні бути чіткими і обґрунтованими, наведені всі рівняння реакцій і математичні формули з поясненнями. Робота повинна бути акуратно оформлена, датована і підписана студентом. Номера і умови задач слід переписувати в тому порядку, в якому вони наведені в таблиці.

Для зауважень рецензента необхідно залишати доволі широкі поля. Якщо контрольна робота виконана невірно, то її слід переробити наприкінці зошита.

Контрольна робота, яка виконана не за своїм варіантом, викладачем не перевіряється і не зараховується.

Контрольна робота охоплює 6 тем з аналітичної хімії. Студент повинен вирішити по одній задачі з кожної теми. Номера кожної з шести задач студент знаходить за таблицею варіантів: номер задач I і IV стоїть проти початкової літери його прізвища (П), номер задач II і V – проти початкової літери імені (І), номер задач III і VI – проти початкової літери по батькові (далі Б).

Наприклад, студент Іващенко Сергій Миколайович виконує задачі за номерами 9, 47, 77, 100, 136, 164.

Таблиця варіантів

Тема	I	II	III	IV	V	VI
Номер задачі	П	І	Б	П	І	Б
А	1	31	88	92	121	153
Б	2	32	87	93	122	154
В	3	33	86	94	123	155
Г	4	34	85	95	124	156
Д	5	35	84	96	125	157
Е	6	36	83	97	126	158
Ж	7	37	82	98	127	159

Тема	I	II	III	IV	V	VI
Номер задачі	II	I	Б	II	I	Б
З	8	38	81	99	128	160
І	9	39	80	100	129	161
К	10	40	79	101	130	162
Л	11	41	78	102	131	163
М	12	42	77	103	132	164
Н	13	43	76	104	133	165
О	14	44	75	105	134	166
П	15	45	74	106	134	167
Р	16	46	73	107	135	168
С	17	47	72	108	136	169
Т	18	48	71	109	137	170
У	19	49	70	110	138	171
Ф	20	50	69	111	139	172
Х	21	51	68	112	140	173
Ц	22	52	67	113	141	174
Ч	23	53	66	114	142	175
Ш	24	54	65	115	143	176
Щ	25	55	64	116	144	177
Є	26	56	63	117	145	178
Ю	27	57	62	118	146	179
Я	28	58	61	119	147	180

Зміст

Стор.

I. Розчини. Кількісний склад розчинів. Приготування і стандартизація розчинів.....	4
II. Гідроліз солей. Водневий показник.....	9
III. Метод нейтралізації.....	17
IV. Метод комплексоутворення.....	23
V. Метод осадження. Добуток розчинності. Випадіння осадів.....	31
VI. Методи окислювання-відновлення.....	39
Список літератури.....	47
Додаток 1.....	48
Таблиця 1. Добуток розчинності електролітів за 25°C	48
Таблиця 2. Константи дисоціації електролітів за 25°C	49
Додаток 2. ГОСТ 2874-82. Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю.....	50
Вказівки до виконання контрольної роботи.....	53

Навчальне видання

Мураєва Ольга Олексіївна,

Зайцева Інна Сергіївна,

Нат Тетяна Павлівна

Методичні вказівки до виконання самостійних і контрольних робіт

з дисципліни "АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ"

(для студентів 2 курсу заочної форми навчання напряму

6.060103 – “Гідротехніка (водні ресурси)”)

Редактор *О. С. Кравцова*

Комп’ютерне верстання *І. С. Зайцева*

План 2010, поз. 117М

Підп. до друку 26. 03. 2010 р.

Формат 60x84 1/16

Тираж 50 пр.

Друк на ризографі

Ум. друк. арк. 2,5

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи: ДК №731

від 19.12.2001