

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРНОЇ ТА СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ
КАФЕДРА РАДІАЦІЙНОГО І ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри радіаційного
і хімічного захисту

_____ Віталій НУЯНЗІН
" ____ 2025 р.

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

методичні вказівки до виконання контрольної роботи

для підготовки здобувачів вищої освіти заочної форми навчання за першим
(бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань
16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»
відповідно до освітньо-професійної програми «Радіаційний та хімічний захист»

Розробив: професор кафедри РХЗ, д.т.н., проф. Ольга СКОРОДУМОВА

Розглянуто та ухвалено засіданням кафедри
радіаційного і хімічного захисту
Протокол від _____ року № _____

Черкаси- 2025

I. Приклади розв'язання задач з визначення концентрації розчину

Приклад 1. Скільки г хлориду барію необхідно для приготування 2л 0,2М розчину?

Розв'язання

Молекулярна маса хлориду барію (BaCl_2) дорівнює 208,27г/моль.

Відповідно, 1л 0,2М розчину має містити $208,27\text{г/моль} \cdot 0,2\text{моль} = 41,654\text{г}$ солі.

Для приготування 2 л потрібно:

$$41,654 \cdot 2 = 83,308\text{г хлориду барію.}$$

Приклад 2. Скільки г безводної соди Na_2CO_3 потрібно для приготування 500 мл 0,1н розчину?

Розв'язання

Молекулярна маса соди дорівнює 106,004г/моль; еквівалентна маса соди дорівнює відношенню молекулярної маси до добутку кількості катіонів на величину заряду катіону: $M/2 \cdot 1 = 53,002\text{г}$.

Тоді: 0,1 екв = 5,3002г.

1000 мл - 5,3002 г соди

500 мл – x г соди

$$x = (500 \cdot 5,3002) / 1000 = 2,6501 \text{ г соди.}$$

Приклад 3. Скільки концентрованої сірчаної кислоти (96%: $\rho = 1,84\text{г/см}^3$) потрібно для приготування 2л 0,05н розчину сірчаної кислоти?

Розв'язання

Молекулярна маса сірчаної кислоти (H_2SO_4) дорівнює 98,08. Еквівалентна маса сірчаної кислоти дорівнює $E_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 49,04\text{г}$. Маса 0,05 екв = $49,04 \cdot 0,05 = 2,452\text{г}$.

Знайдемо, скільки сірчаної кислоти має міститися в 2л 0,05н розчину:

1л – 2,452 г H_2SO_4

2л – x

$$x = 2,452 \cdot 2 = 4,904 \text{ г}$$

Щоби визначити, скільки для цього потрібно взяти 96%-го розчину сірчаної кислоти, складаємо пропорцію:

В 100 г розчину конц к-ти міститься 96г H_2SO_4

x г розчину конц к-ти містить 4,904 г H_2SO_4

$x = 4,904 \cdot 100 / 96 = 5,11 \text{ г розчину конц. кислоти.}$ Перерахуємо цю кількість на об'єм:

$$V = m / \rho = 5,11 / 1,84 = 2,78 \text{ мл.}$$

Таким чином, для приготування 2л 0,05н розчину потрібно взяти 2,78мл концентрованої сірчаної кислоти.

Приклад 4. Визначити молярну концентрацію еквівалента натрій сульфату масою 42,6 г розчиненого у воді масою 300 г, якщо густина отриманого розчину дорівнює $1,12 \text{ г/см}^3$

1. Записуємо формулу речовини: Na_2SO_4 .
2. Розраховуємо молярну масу: $23+23+32+64=142$
3. Розраховуємо еквівалент: $E = \text{молярна маса}/\text{кількість катіонів} \cdot \text{заряд катіону} = 142/2=71\text{г}$
4. Визначаємо, скільки грам-еквівалентів в нашій масі (42,6г):

1г-екв – 71г

Xг-екв – 42,6г

$$x = 42,6/71 = 0,6\text{г-екв.}$$

5. Визначаємо об'єм розчину:

$$V = m/\rho = 342,6/1,12 = 306\text{мл}$$

6. Визначаємо концентрацію:

0,6г-екв знаходиться в 306мл розчину

X - 1000 мл розчину

$$X = 0,6 \cdot 1000/306 = 1,96\text{г-екв, тобто концентрація розчину} - 1,96\text{н}$$

II. Приклади розв'язання задач з визначення концентрації суміші розчинів різної концентрації

1. Визначити концентрацію розчину, який одержано змішуванням 100мл 1М NaOH, 120мл 0,5н NaOH та доведено водою до мітки в колбі 500мл.

Алгоритм розв'язання задачі:

1. Визначаємо кількість молей NaOH, що знаходяться в 100мл 1М розчину.

1моль - в 1000мл розчину,

Xмоль – в 100мл

$$x = 0,1\text{моля}$$

2. Визначаємо молярну масу NaOH:

$$M = 23+16+1 = 40\text{г/моль}$$

3. Визначаємо масу NaOH : $m = \nu M = 0,1 \cdot 40 = 4\text{г NaOH (в 100мл 1М розчину)}$

4. Визначаємо кількість грам-еквівалентів NaOH в 0,5н розчині:

0,5 г-екв – в 1000 мл розчину

X - 120 мл

$$x = 0,5 \cdot 120/1000 = 0,06\text{ г-екв.}$$

5. Визначаємо вагу 1г-екв: $M/z \cdot n = 40$ (z – заряд катіону – 1, n- кількість катіонів - 1).

6. Визначаємо масу NaOH:

1г-екв – 40г

0,06 - x

$$x = 0,06 \cdot 40 = 2,4\text{г (в 120мл 0,5н NaOH)}$$

7. Визначаємо сумарну масу NaOH: $4+2,4 = 6,4$ г

8. Розчини в колбі розведені водою до мітки, тобто тепер об'єм розчину становить 500мл, а чистої речовини в ньому – 6,4г.

Визначаємо кількість молей NaOH:

$$\nu = m/M = 6,4/40 = 0,16$$

визначаємо молярну концентрацію:

0,16 містяться в 500мл

X - в 1000мл

$$x = 0,16 \cdot 1000/500 = 0,32 \text{ моля}$$

відповідно одержано **концентрацію 0,32М.**

9. Визначаємо кількість грам-екв в 6,4г речовини:

1г-екв важить 40г

X - 6,4г

$$x = 6,4/40 = 0,16$$

Відповідно **нормальна концентрація – $0,16 \cdot 2 = 0,32$ н.**

2. Визначити концентрацію розчину, який одержано змішуванням 10мл 2М K_2SO_4 , 140мл 0,5н K_2SO_4 , та 20 мл 8%-го розчину K_2SO_4 (густиною $1,03 \text{ г/см}^3$) та доведено водою до мітки в колбі 250мл.

1) Визначаємо масу сухого K_2SO_4 в розчині (10мл 2М):

2моля – 1000мл

$$X \text{ молей} - \text{в } 10 \text{ мл} \quad x = 2 \cdot 10/1000 = 0,02 \text{ моля}$$

$$2) M = 39 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 174 \text{ г/моль}$$

$$m = \nu M$$

1моль – 174г

$$0,02 - x \quad x = 0,02 \cdot 174 = 3,48 \text{ г}$$

3) Визначаємо масу сухого K_2SO_4 в розчині (140мл 0,5н):

0,5 г-екв – 1000мл

$$X - 140 \text{ мл} \quad x = 140 \cdot 0,5/1000 = 0,07 \text{ г-екв}$$

4) Визначаємо вагу 0,07г-екв:

$$1 \text{ г-екв} = M/z \cdot n = 174/2 = 87 \text{ г}$$

$$1 \text{ г-екв} = 87 \text{ г}$$

$$0,07 = x ; \quad x=0,07 \cdot 87=6,09\text{г}$$

4) Визначаємо масу сухого K_2SO_4 в розчині (20мл 8%):

$$\rho = \text{г/см}^3 = \text{м/л}$$

$$m = \rho V = 1,03 \cdot 20 = 20,6\text{г розчину}$$

8г сухої речовини - в 100г розчину

$$\begin{array}{ccc} \text{X г} & 20,6 \text{ г} & x = 20,6 \cdot 8 / 100 = 1,648\text{г} \end{array}$$

5) Визначаємо загальну масу речовини: $3,48\text{г} + 6,09\text{г} + 1,648\text{г} = 11,218\text{г}$

6) Визначаємо молярну концентрацію розчину що утворився:

6.1 Визначаємо кількість молей: $v = m/M = 11,218/174 = 0,06\text{молей}$

0,06молей - в 250мл

$$\begin{array}{ccc} \text{X} & - \text{ в } 1000\text{мл} & x = 0,06 \cdot 1000 / 250 = 0,24\text{М} \end{array}$$

7) Визначаємо нормальну концентрацію розчину що утворився:

7.1 Розраховуємо кількість г-екв:

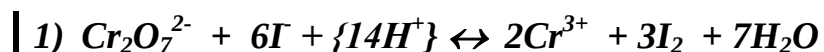
1г-екв важить 87г

$$\begin{array}{ccc} \text{X} & - 11,218 & x = 11,218 / 87 = 0,129\text{г-екв} \end{array}$$

0,129 г-екв знаходяться в 250мл розчину

$$\begin{array}{ccc} \text{X} & 1000 \text{ мл} & x = 0,129 \cdot 1000 / 250 = 0,516\text{н} \end{array}$$

III. Приклади розв'язання завдань зі складання електронного балансу в окисно-відновних реакціях

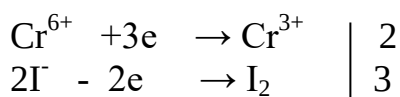


$$2x + 7(-2) = -2$$

$$2x - 14 = -2$$

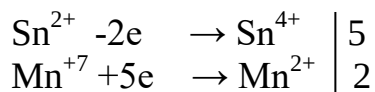
$$2x = 14 - 2 = 12$$

$$x = 6$$

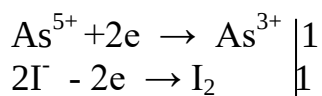
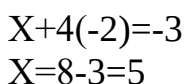
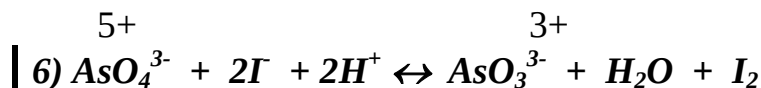
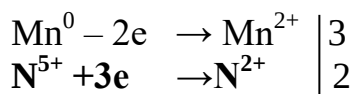
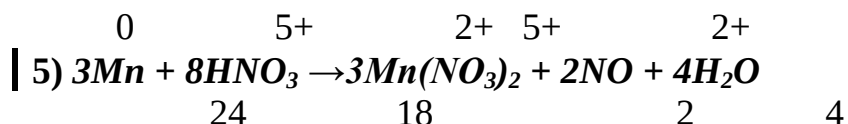
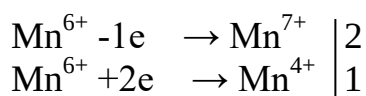
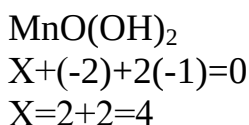
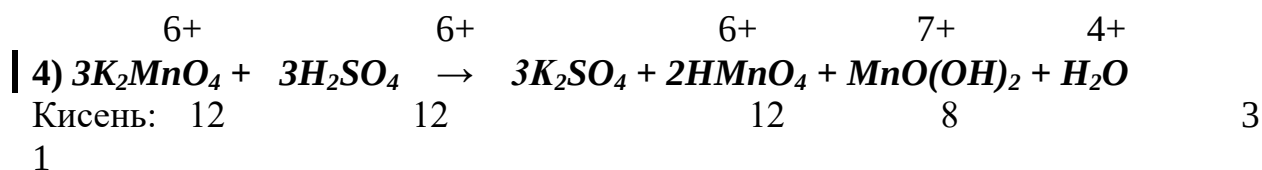
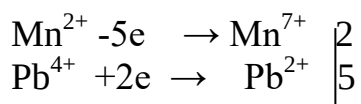
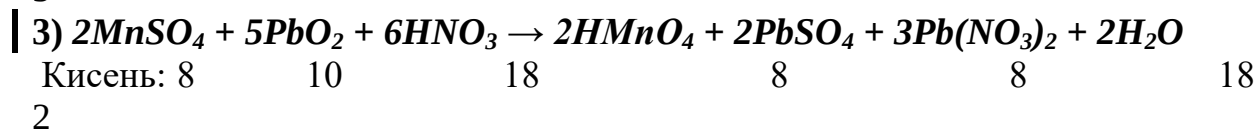
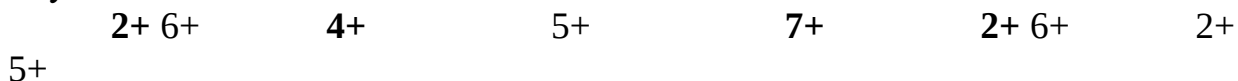


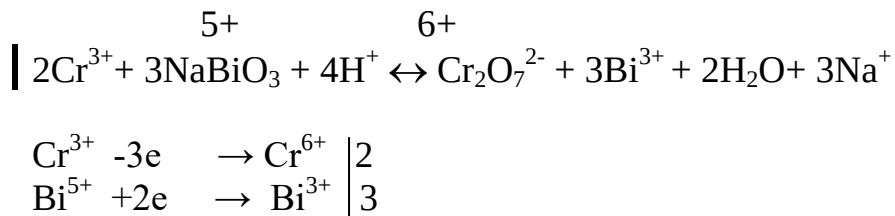
$$x + 4(-2) = -1$$

$$x = 8 - 1 = 7$$



Ступені окислення:

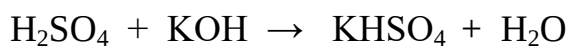




IV Приклади розв'язання задач з кислотно-основного титрування

1. Визначте молярну концентрацію еквівалентів розчину H_2SO_4 , якщо на нейтралізацію $24,50 \text{ см}^3$ витрачено $23,00 \text{ см}^3$ розчину KOH , $C(\text{KOH})=0,15$ моль/л. Складіть рівняння реакції.

Розв'язання задачі:



$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 24,5 \text{ мл}$$

$$V_{\text{KOH}} = 23 \text{ мл}$$

$$C_{(\text{KOH})} = 0,15 \text{ моль/л.}$$

1. Визначаємо, скільки молів KOH знаходиться в 23 мл розчину:

$$0,15 \text{ молів} - 1000 \text{ мл}$$

$$X - 23 \text{ мл} \quad x = 23 \cdot 0,15 / 1000 = 0,00345 \text{ молів}$$

Відповідно рівняння в розчині є $0,00345$ молів H_2SO_4 .

2. Визначаємо молярну концентрацію еквівалентів розчину H_2SO_4 :

Визначаємо молярну масу сірчаної кислоти: $2+32+64=98 \text{ г/моль}$

2.1. Визначаємо масу кислоти, що знаходиться в розчині:

$$0,00345 \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,00345 \cdot 98 = 0,3381 \text{ г}$$

2.2 Визначаємо масу 1 г-екв сірчаної кислоти:

$E = M/n \cdot z = 98/1 \cdot 1 = 98 \text{ г}$ (це перша стадія обмінної реакції – реагує тільки 1 атом гідрогену)

$$1 \text{ г-екв} = 98 \text{ г}$$

$$X = 0,3381 \text{ г} \quad x = 0,00345 \text{ г-екв в } 24,5 \text{ мл кислоти}$$

2.2. Визначаємо нормальну концентрацію кислоти:

$$0,00345 \text{ г-екв} - 24,5 \text{ мл}$$

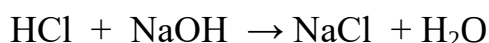
$$X - 1000 \text{ мл} \quad x = 0,14 \text{ г-екв}$$

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,14 \text{ г-екв/л}$$

2. Наважку 10,2115 г розбавленої HCl розчинили у воді в мірній колбі місткістю 500 см³, довели об'єм водою до мітки і перемішали. На титрування 25 см³ отриманого розчину витрачено 23,3 см³ NaOH з концентрацією 1,953 моль-екв/дм³. Обчислити масову частку HCl у препараті (у відсотках).

моль-екв/дм³ – молярна концентрація (моль/л)

Розв'язання задачі:



2. Визначаємо, скільки молів NaOH витрачено на титрування:
Концентрація розчину NaOH складає 1,953 моль/л:

$$\begin{array}{ll} 1,953 & - \text{ в } 1000 \text{ мл розчину} \\ X & - \text{ в } 23,3 \text{ мл розчину} \end{array} \quad x = 23,3 * 1,953 / 1000 = 0,046 \text{ молів NaOH}$$

Відповідно в реакції приймало участь 0,046 молів кислоти.

3. Визначаємо молярну концентрацію кислоти:

$$\begin{array}{ll} 0,046 \text{ молів} & - \text{ в } 25 \text{ мл} \\ X & - \text{ в } 1000 \text{ мл} \end{array} \quad x = 1,84 \text{ молей} \rightarrow C(\text{HCl}) = 1,84 \text{ моль/л}$$

У довіднику знаходимо згідно цієї концентрації густину розчину.
 $\rho = 1,0012 \text{ г/см}^3$

3.1. Визначаємо масу розчину кислоти: $500 \text{ мл} * 1,0012 = 500,6 \text{ г}$

3.2. Визначаємо масу кислоти, яка знаходиться в 500 мл:

$$M(\text{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5 \text{ г/моль}$$

$$1,84 * M_{\text{HCl}} = 1,84 * 36,5 = 67,16 \text{ г} - \text{ в } 1 \text{ л}$$

$$\text{В } 500 \text{ мл } 67,16 / 2 = 33,58 \text{ г}$$

3.3. Визначаємо відсоткову концентрацію кислоти:

33,58 г кислоти – в 500,6 г розчину

$$\begin{array}{ll} X & - \text{ в } 100 \text{ г розчину} \end{array} \quad x = 6,708 \text{ г} \rightarrow C(\text{HCl}) = 6,708\%$$

Контрольні задачі

1. Використовуючи правило хреста визначити об'єм води, який необхідно додати до 50 мл 24%-го розчину аміаку густиною $0,91 \text{ г/см}^3$, для приготування 6%-го розчину густиною $0,97 \text{ г/см}^3$.
2. Яку масу калій фосфату і який об'єм води потрібно взяти для приготування розчину масою 250 г з масовою часткою K_3PO_4 8%?
3. У невеликому об'ємі води розчинили калій гідроксид масою 11,2 г і об'єм розчину довели до 200 см^3 . Обчислити молярну концентрацію отриманого розчину.
4. У воді об'ємом 200 см^3 розчинили сіль масою 40 г. Визначити масову частку солі в отриманому розчині, прийнявши густину води такою, що дорівнює 1 г/см^3 .
5. Яка маса калій хлориду потрібна для приготування розчину об'ємом 300 см^3 з концентрацією 0,15 М?
6. Розрахувати молярність розчину гідроксиду натрію, якщо в 50 г води розчинити 2 г NaOH.
7. 1.Розчиненням наважки бури (тетрабората натрію) 0,6227г приготували 200 см^3 розчину; 20 см^3 цього розчину відтитрували $19,5 \text{ см}^3$ розчину HCl. Розрахувати нормальність розчину $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ та молярну концентрацію розчину HCl.
8. Розрахувати титр розчину NaOH, якщо на титрування $10,00 \text{ см}^3$ витрачається $12,00 \text{ см}^3$ 0,1М розчину соляної кислоти.
9. На титрування $20,00 \text{ см}^3$ розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ витратили $15,00 \text{ см}^3$ 0,2М розчину HCl. Розрахувати нормальність $\text{Ba}(\text{OH})_2$ та титр.
- 10.Наважка оцтової кислоти 1,0000г розчинено в мірній колбі ємністю 200 см^3 . На титрування 20 см^3 цього розчину витрачено $15,50 \text{ см}^3$ розчину NaOH; $T(\text{NaOH}) = 0,004088 \text{ г/см}^3$. Розрахувати масову частку оцтової кислоти в зразку.
- 11.Визначити молярну масу монокарбонової кислоти, якщо відомо, що на титрування 0,1500г її витрачено $10,56 \text{ см}^3$ 0,05М розчину KOH.
- 12.Наважку 1,5000г технічного $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ розчинили в мірній колбі ємністю 250 см^3 ; $25,00 \text{ см}^3$ цього розчину прокип'ятили з концентрованим лугом. Аміак що виділився, був поглинений розчином $40,00 \text{ см}^3$ 0,1040н H_2SO_4 , а на зворотне титрування витрачено 25 см^3 0,0970 М розчину NaOH. Розрахувати масову частку аміаку в наважці $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
- 13.Розрахувати молярну концентрацію розчину HNO_3 , якщо на титрування 0,2500г хімічно чистої солі Na_2CO_3 витрачено $20,50 \text{ см}^3$ цього розчину.
- 14.Розрахувати молярну концентрацію розчину HCl, якщо на титрування $15,00 \text{ см}^3$ його розчину витрачено $10,00 \text{ см}^3$ 0,3М розчину NaOH.
- 15.Наважку Na_2CO_3 0,5300г розчинили в мірній колбі ємністю 250 см^3 ; $25,00 \text{ см}^3$ цього розчину від титрували $24,50 \text{ см}^3$ розчина HCl в присутності метилового помаранчевого. Розрахувати нормальну концентрацію розчину карбонату натрію та молярну концентрацію розчину HCl.
16. До аналізованого розчину хлориду амонію додали $25,00 \text{ см}^3$ розчину NaOH з титром $T(\text{NaOH}) = 0,004500 \text{ г/см}^3$. Потім кип'ятінням видалили з розчину

- аміак, а надлишок NaOH від титрували $10,50\text{см}^3$ розчину HCl з титром $T(\text{HCl}) = 0,003750\text{г/см}^3$. Розрахувати масу аміаку в аналізованому розчині.
17. До наважки хімічно чистого Na_3PO_4 $0,1000\text{г}$ додали $50,00\text{ см}^3$ $0,2\text{н}$ розчину H_2SO_4 . На зворотне титрування надлишку кислот із метиловим помаранчевим витратили $15,00\text{см}^3$ розчину NaOH. Визначити молярну концентрацію розчину NaOH.
18. Пробу солі амонію $1,0000\text{г}$ обробили надлишком концентрованого NaOH. Аміак що виділився, був поглинений 50см^3 $1,0510\text{М}$ розчину HCl. Надлишок кислоти від титрували $25,00\text{ см}^3$ розчину NaOH; $T(\text{NaOH}) = 0,042000\text{г/см}^3$. Розрахувати масову частку аміаку в пробі солі.
19. Розрахувати величину наважки хімічно чистого CaCO_3 , якщо після обробки її $50,00\text{см}^3$ $0,2\text{М}$ розчину HCl на титрування залишку кислоти витрачено $10,00\text{ см}^3$ розчину NaOH. Встановлено, що на титрування $25,00\text{см}^3$ NaOH витрачається $24,00\text{см}^3$ HCl.
20. Розрахувати молярну концентрацію розчину HNO_3 , якщо на титрування $0,2500\text{г}$ хімічно чистої солі Na_2CO_3 витрачено $20,50\text{ см}^3$ цього розчину.