



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника»

Факультет природничих наук

Хацевич О.М., Федорченко С.В.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

Івано-Франківськ, 2016

Рецензенти:

Курта Сергій Андрійович професор кафедри органічної та аналітичної хімії Інституту природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, доктор технічних наук, доцент

Костів Іван Юрійович директор НДІ «Галургія», кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до самостійної роботи з аналітичної хімії :
[текст] / *Хацевич О.М., Федорченко С.В.* / Природничий факультет; Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2016. –172с.

Ці методичні вказівки призначені для студентів I-II курсів усіх форм навчання природничого факультету спеціальності 102 -Хімія та тих спеціальностей, які вивчають курс «Аналітична хімія». Ними можуть користуватися студенти очної форми навчання для виконання самостійних, контрольних робіт із різних розділів аналітичної хімії, а також студенти заочної форми навчання для виконання контрольних робіт і при підготовці до іспиту.

Методичні вказівки включають шість розділів, що охоплюють практично весь курс кількісного аналізу і додатки, необхідні для вирішення завдань для самостійного розв'язування.

Завдання подані у вигляді задач та, тестів, перед виконанням яких треба засвоїти певний теоретичний матеріал. У кожному розділі надані короткі відомості з теоретичних питань і приклади розв'язків типових задач.

З М І С Т

1. Розчини концентрації розчинів
 - 1.1. Способи вираження концентрації розчинів
 - 1.2. Поняття про еквівалент
 - 1.3. Розв'язування типових задач
 - 1.4. Задачі для самостійної роботи
2. Гомогенна рівновага в розчинах електролітів
 - 2.1. Йонний добуток води. Водневий показник
 - 2.2. Електролітична дисоціація. Розчини електролітів
 - 2.3. Гідроліз солей в хімічному аналізі
 - 2.4. Буферні розчини
 - 2.5. Розв'язування типових задач
 - 2.6. Задачі для самостійної роботи
3. Рівновага в системах осад-розчин. Добуток розчинності.
 - 3.1. Розв'язування типових задач
 - 3.2. Задачі для самостійної роботи
4. Реакції комплексоутворення і окиснення-відновлення в хімічному аналізі.
 - 4.1. Окисно-відновний потенціал . Рівняння Нернста.
 - 4.2. Розв'язування типових задач
 - 4.3. Задачі для самостійної роботи
5. Гравіметричний (ваговий) метод аналізу.
 - 5.1. Розв'язування типових задач
 - 5.2. Задачі для самостійної роботи
6. Титриметричні (об'ємні) методи аналізу.
 - 6.1. Вимоги до реакцій у титриметричному аналізі
 - 6.2. Класифікація методів титриметричного аналізу
 - 6.3. Розрахунки в титриметричному аналізі
 - 6.4. Розв'язування типових задач
 - 6.5. Задачі для самостійної роботи
 - 6.5.1. Кислотно-основне титрування (протолітометрія)
 - 6.5.2. Окисно-відновне титрування (Оксредметрія)
 - 6.5.3. Комплексонометричне та осаджувальне титрування (седиметрія)

7. Завдання для тестового контролю знань

8. Додатки

1. РОЗЧИНИ. КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ

Розчинами називають термодинамічно стійкі рівноважні системи змінного складу з двох або більше компонентів. Той компонент, що кількісно переважає і зберігає свій агрегатний стан під час утворення розчину, прийнято вважати розчинником, інші компоненти – розчиненими речовинами. Кількісний склад розчину визначає концентрація, яка показує кількість одиниць маси розчиненої речовини в одиниці об'єму розчину або в одиниці маси розчинника (розчину).

1.1. Способи вираження концентрації

В залежності від обраної одиниці виміру концентрації поділяють на об'ємні та масові.

Об'ємна концентрація – це кількість одиниць маси розчиненої речовини в одиниці об'єму розчину. Ці концентрації дуже зручні при розрахунках, але залежать від температури.

В залежності від одиниць маси розчиненої речовини та одиниць об'ємів розчину розрізняють наступні концентрації:

1. Молярна концентрація (молярність) показує кількість молів розчиненої речовини, що міститься в одному літрі розчину. Розмірність: моль/л.

Молярна концентрація (C_M) розраховується за рівнянням

$$C_M = \frac{m_i \cdot 1000}{M_i \cdot V_i}, \quad (1.1)$$

де m_i – маса розчиненої речовини, г; M_i – молярна маса розчиненої речовини, г; V_i – об'єму розчину, мл (см^3); 1000 – коефіцієнт переходу від см^3 до літрів.

2. Молярна концентрація еквівалента (нормальність) показує кількість моль-еквівалентів розчиненої речовини, що міститься в одному літрі розчину. Розмірність: моль-екв/л.

Молярна концентрація еквівалента (C_H) розраховується за рівнянням

$$C_H = \frac{m_i \cdot 1000}{M_{e,i} \cdot V_i}, \quad (1.2)$$

де m_i – маса розчиненої речовини, г; $M_{e,i}$ – молярна маса еквівалента речовини, г; V_i – об'єму розчину, мл (см^3); 1000 – коефіцієнт переходу від см^3 до літрів.

3. Титр розчину – відношення маси розчиненої речовини до об'єму розчину. Розмірність: г/мл.

Титр розчину (Т) розраховується за рівняннями

$$T_i = \frac{m_i}{V_i}, \quad (1.3)$$

де m_i – маса розчиненої речовини, г; V_i – об'єму розчину, мл (см^3).

$$T_i = \frac{C_{H,i} \cdot M_{e,i}}{1000}, \quad (1.4)$$

де $C_{H,i}$ – молярна концентрація еквівалента речовини, моль-екв/л;

$M_{e,i}$ – молярна маса еквівалента речовини, г/моль-екв.

В кількісному аналізі часто використовують поняття – титр розчину за речовиною, що визначається ($T_{B/A}$). Вона показує, скільки грамів речовини, що визначається, реагує з 1мл титрованого розчину. Розраховується за рівнянням

$$T_{B/A} = \frac{m_B \cdot M_{e,A}}{M_{e,B} \cdot V_i}, \quad (1.5)$$

де $T_{B/A}$ – титр розчину В за речовиною А, що визначається, г/мл; m – маса розчиненої речовини В, г; V_i – об'єм розчину, мл (см^3); $M_{e,A}$ і $M_{e,B}$ – молярні маси еквівалентів речовин А і В, г.

$$T_{B/A} = \frac{C_{H,B} \cdot M_{e,A}}{1000}, \quad (1.6)$$

де $C_{H,B}$ – молярна концентрація еквівалента титрованого розчину В, моль-екв/л; $M_{e,A}$ – молярна маса еквівалента речовини А, г/моль-екв.

Масові концентрації – це кількість одиниць маси розчиненої речовини в одиниці маси розчинника (розчину). Ці концентрації не залежать від температури, але не дуже зручні у роботі, бо потребують тривалої операції зважування.

1. Моляльна концентрація (моляльність) показує кількість молей розчиненої речовини, що міститься в 1кг розчинника. Розмірність: моль/кг.

Моляльна концентрація (C_m) розраховується за рівнянням

$$C_m = \frac{m_i}{M_i \cdot m_p}, \quad (1.7)$$

де m_i – маса розчиненої речовини, г; m_p – маса розчинника, кг; M_i – молярна маса розчиненої речовини, г.

2. Мольна частка (X_i) показує, яку частину від загальної кількості молей розчину складає розчинена речовина або розчинник. Розраховується за рівнянням

$$X_i = \frac{n_i}{\sum n_i}, \quad (1.8)$$

де n_i – кількість молей i -го компонента в розчині, моль; $\sum n_i$ – сума молей усіх компонентів розчину, моль.

Для бінарних розчинів сума мольних часток розчинника (X_0) і розчиненої речовини (X_i) дорівнює одиниці.

$$X_i + X_0 = 1. \quad (1.9)$$

Мольні частки виражають у частинах від одиниці або у відсотках.

3. Масова частка у відсотках ($w, \%$) показує кількість грамів розчиненої речовини в 100 г розчину. Розраховується за рівнянням

$$w, \% = \frac{m_i \cdot 100}{m_{p-ну}}, \quad (1.10)$$

де m_i – маса розчиненої речовини, г; $m_{p-ну}$ – маса розчину, г.

Розчин характеризується певною густиною ρ (г/см³ або кг/дм³), яку беруть до уваги під час переходу від масових концентрацій до об'ємних, і навпаки.

$$\rho = \frac{m_i}{V_i}, \quad (1.11)$$

де m_i – маса розчину, г; V_i – об'єм розчину, мл.

Рівняння, що зв'язують масову частку з молярністю, нормальністю та моляльністю розчинів, мають вигляд

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot w, \%}{M_i}, \quad (1.12)$$

$$C_N = \frac{10 \cdot \rho \cdot w, \%}{M_{e,i}}, \quad (1.13)$$

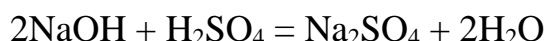
$$C_m = \frac{1000 \cdot w, \%}{M_i \cdot (100 - w, \%)} \quad (1.14)$$

1.3. Поняття про еквівалент

В аналітичній хімії широко застосовують поняття *еквівалент*. За сучасним визначенням **еквівалентом** називається деяка реальна або умовна частинка, яка може приєднувати, звільняти або бути яким-небудь іншим чином еквівалентна одному йону Гідрогену в кислотно-основних реакціях або одному електрону в окисно-відновних реакціях.

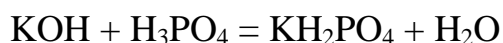
Під реальними частинками розуміють атоми, йони, молекули, електрони і т.д., а під умовними частинками – долі реальних частинок, наприклад: $1/5\text{KMnO}_4$, $1/2\text{H}_2\text{SO}_4$, $1/3\text{H}_3\text{PO}_4$, $1/2\text{Pb}$ і т.п. Еквівалент – це безрозмірна величина.

Еквівалент однієї і тієї ж речовини може змінюватися в залежності від реакції, в якій приймає участь ця речовина. Тому при використанні терміну “еквівалент” або “фактор еквівалентності” завжди потрібно вказувати, до якої конкретної реакції він відноситься. Наприклад, для реакції

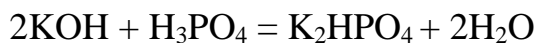


$$f_{\text{екв}}(\text{NaOH}) = 1 \text{ та } f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2.$$

Для реакції



$$f_{\text{екв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1, \text{ а для реакції}$$



$$f_{\text{екв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2.$$

Також широко використовують поняття *фактора еквівалентності*.

Фактор еквівалентності $f_{\text{екв}}(X)$ – це число, що позначає, яка частка реальної частинки речовини еквівалентна (рівноцінна) одному йону Гідрогену в даній кислотно-основній реакції чи одному електрону в даній окисно-відновній реакції. Фактор еквівалентності розраховується на основі стехіометричного рівняння хімічної реакції. Фактор еквівалентності є безрозмірною величиною, рівною або меншою від одиниці.

Молярна маса еквівалента речовини $M_e(X)$ – це маса одного моля еквівалента цієї речовини, дорівнює добутку фактора еквівалентності на молярну масу M речовини X :

$$M_e(X) = f_{екв}(X) \cdot M(X) \quad (2.1)$$

Якщо кількість розчиненої речовини $n(X)$ визначають за вмістом еквівалентів цієї речовини у розчині, то використовують поняття **молярної концентрації еквівалента** (нормальної концентрації), яку також позначають символом C_H .

Оскільки молярну концентрацію речовини X та молярну концентрацію еквівалента цієї речовини позначають одним і тим же символом C , то за рекомендацією ІЮПАК після нього необхідно вказати у дужках, яка величина узята за моль. Наприклад, якщо символом C позначають молярну концентрацію $KMnO_4$, то її записують $C(KMnO_4)$, якщо ж йдеться про молярну концентрацію еквівалента $KMnO_4$, коли $f_{екв} = 1/5$, то її позначають $C(1/5 KMnO_4)$.

1.3. Розв'язування типових задач

Задача 1. Визначте молярну і моляльну концентрації 87,69 %-го розчину сульфатної кислоти густиною $\rho = 1,86$ г/см³.

Розв'язування. Розрахуємо молярну концентрацію H_2SO_4 за рівнянням (1.12)

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot w, \%}{M_i},$$

де ρ – густина розчину, г/см³; $w, \%$ – масова частка розчину, %; M_i – молярна маса кислоти, г. $M_{H_2SO_4} = 98$ г/моль.

$$C_M = \frac{10 \cdot 1,86 \cdot 87,69}{98} = 16,64 \text{ моль/л.}$$

Моляльність розчину розрахуємо за рівнянням (1.14)

$$C_m = \frac{1000 \cdot w, \%}{M \cdot (100 - w, \%)} = \frac{1000 \cdot 87,69}{(100 - 87,69) \cdot 98} = 72,7 \text{ моль/кг.}$$

Задача 2. Розрахуйте молярну концентрацію еквівалента та масову частку у відсотках розчину HCl, який утворюється при розчиненні 7,3г HCl в 150 см³ води. Густина отриманого розчину дорівнює 1,02 г/ см³.

Розв'язування. Розрахуємо молярну концентрацію еквівалента розчину хлоридної кислоти за рівнянням (1.2)

$$C_H = \frac{m_i \cdot 1000}{M_{e,i} \cdot V}$$

Об'єм розчину розрахуємо за рівнянням

$$V_i = \frac{m_i}{\rho}$$

де m_i – маса розчину, г; ρ – густина розчину, г/ см³.

Якщо густина води дорівнює 1г/ см³, то її об'єм можна прийняти рівним до маси. Тоді маса розчину становитиме

$$m = m_{H_2O} + m_{HCl} = 150 + 7,3 = 157,3 \text{ г.}$$

Знайдемо об'єм розчину

$$V = \frac{157,3}{1,02} = 154,2 \text{ см}^3.$$

Молярну масу еквівалента HCl визначимо за рівнянням

$$M_{e,HCl} = \frac{M_{HCl}}{n_{H^+}} = \frac{36,5}{1} = 36,5 \text{ г/моль-екв.}$$

Молярна концентрація еквівалента розчину HCl дорівнюватиме

$$C_H = \frac{7,3 \cdot 1000}{36,5 \cdot 154,2} = 1,3 \text{ моль-екв/л.}$$

Масову частку HCl у відсотках розрахуємо за рівнянням (1.10)

$$w, \% = \frac{m_{HCl} \cdot 100}{m_{p-ny}} = \frac{7,3 \cdot 100}{157,3} = 4,64\%$$

Задача 3. Визначте масову частку у відсотках, молярність, титр розчину і мольну частку розчиненої речовини після розчинення 8 г натрій гідроксиду в 200г води, $\rho=1,01$ г/ см³.

Розв'язування. Масову частку NaOH у відсотках в отриманому розчині розрахуємо за рівнянням (1.10)

$$w, \% = \frac{m_i \cdot 100}{m_{p-ny}}.$$

Маса розчину становитиме

$$m_{p-ny} = m_{H_2O} + m_{NaOH} = 200 + 8 = 208 \text{ г.}$$

Тоді

$$w, \% = \frac{8 \cdot 100}{208} = 3,85\%.$$

Молярність розчину визначимо за рівнянням (1.7).

$$C_m = \frac{m_{NaOH}}{M_{NaOH} \cdot m_{H_2O}} = \frac{8}{40 \cdot 0,2} = 1 \text{ моль/кг.}$$

Знайдемо титр розчину за рівнянням (1.3)

$$T = \frac{m_{NaOH}}{V_{p-ny}}.$$

Оскільки густина розчину дорівнює $1,01 \text{ г/см}^3$, то

$$V_{p-ny} = \frac{m_{p-ny}}{\rho} = \frac{208}{1,01} = 205,9 \text{ см}^3.$$

Тоді

$$T = \frac{8}{205,9} = 0,03885 \text{ г/см}^3.$$

Мольну частку NaOH у розчині розрахуємо за рівнянням (1.8)

$$X_{NaOH} = \frac{n_{NaOH}}{n_{NaOH} + n_{H_2O}}.$$

Кількість молей NaOH дорівнює

$$n_{NaOH} = \frac{m_{NaOH}}{M_{NaOH}},$$

де M_{NaOH} – молярна маса NaOH, г/моль. $M_{NaOH}=40$ г/моль.

$$n_{NaOH} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ моль.}$$

Кількість молей H_2O дорівнює

$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{200}{18} = 11,11 \text{ моль.}$$

Тоді

$$X_{NaOH} = \frac{0,2}{0,2+11,11} = 0,018.$$

Задача 4. Обчисліть необхідну кількість силікованадію, який вміщує 48% Ванадію, для отримання 10 т сталі із вмістом Ванадію 1,5 %.

Розв'язування. Розрахуємо кількість Ванадію, що вміщується в 10 т сталі із вмістом Ванадію 1,5 %, з відповідної пропорції

100т сталі вміщує 1,5 т Ванадію,

10т сталі вміщує X т Ванадію.

$$X = \frac{10 \cdot 1,5}{100} = 0,15 \text{ т} = 150 \text{ кг}.$$

Кількість силікованадію, що вміщуватиме 150 кг Ванадію, знаходимо з наступної пропорції

100 кг силікованадію містить 48 кг Ванадію,

X кг силікованадію містить 150 кг Ванадію.

$$X = \frac{100 \cdot 150}{48} = 312,5 \text{ кг}.$$

Задача 5. Обчисліть масову частку (%) і молярність розчину, отриманого шляхом змішування 200 мл 50 %-го розчину сульфатної кислоти густиною 1,4г/ см³ з 2л 10,6%-го розчину сульфатної кислоти густиною 1,07г/ см³.

Розв'язування. Визначимо масу 50%-го і 10,6%-го розчинів H₂SO₄ за рівнянням $m = V \cdot \rho$

$$m_1 = 200 \cdot 1,4 = 280 \text{ г}; \quad m_2 = 2000 \cdot 1,07 = 2140 \text{ г}.$$

Тоді загальна маса отриманого розчину становитиме

$$m = m_1 + m_2 = 280 + 2140 = 2420 \text{ г}.$$

Розрахуємо вміст H₂SO₄ в 50%-му і 10,6%-му розчинах за рівняннями

$$m_{H_2SO_4} = \frac{w, \% \cdot m_p}{100},$$

$$m_{1, H_2SO_4} = \frac{50 \cdot 280}{100} = 140 \text{ г},$$

$$m_{2,H_2SO_4} = \frac{10,6 \cdot 2140}{100} = 226,84 \text{ г.}$$

Загальна маса кислоти в отриманому розчині дорівнюватиме

$$m_{H_2SO_4} = m_{1,H_2SO_4} + m_{2,H_2SO_4} = 140 + 226,84 = 366,84 \text{ г.}$$

Масову частку H_2SO_4 у відсотках розрахуємо за рівнянням (1.10)

$$w, \% = \frac{m_{H_2SO_4} \cdot 100}{m_{p-ну}} = \frac{366,84 \cdot 100}{2420} = 15,16\% .$$

Для розрахунку молярності отриманого розчину знайдемо масу води за рівнянням

$$m_{H_2O} = m_p - m_{H_2SO_4} = 2420 - 366,84 = 2053,16 \text{ г} = 2,05 \text{ кг.}$$

Молярність отриманого розчину обчислимо за рівнянням (1.7)

$$C_m = \frac{m_{H_2SO_4}}{M_{H_2SO_4} \cdot m_{H_2O}} = \frac{366,84}{98 \cdot 2,05} = 1,82 \text{ моль/кг.}$$

1.4. Задачі для самостійної роботи

1. Обчисліть, скільки грамів калій гідроксиду вміщує 200 см^3 0,092 н розчину?
2. Визначте об'єм 56 %-го розчину сульфатної кислоти густиною $1,46 \text{ г/ см}^3$, який потрібен для приготування 5л 2н розчину.
3. Розрахуйте, скільки мілілітрів (см^3) 2н розчину Натрій карбонату треба для приготування 250 мл 0,35 н водного розчину Na_2CO_3 ?
4. 1л приготовленого розчину $MgSO_4$ вміщує 2 г солі. Знайдіть молярну, молярну концентрації та масову частку (%) розчину. Прийняти $\rho=1 \text{ г/ см}^3$.
5. Визначте кількість грамів сульфатної кислоти в 100 см^3 5М розчину густиною $1,29 \text{ г/ см}^3$.
6. Обчисліть масову частку (%) і мольну частку 5М розчину сульфатної кислоти густиною $1,29 \text{ г/ см}^3$.
7. Розрахуйте масову частку (%) розчину сульфатної кислоти, отриманого шляхом змішування 200 см^3 5М розчину H_2SO_4 густиною $1,29 \text{ г/ см}^3$ з 350 см^3 води.
8. Визначте масову частку (%) і титр розчину після розчинення 100 см^3 8,8М розчину фосфатної кислоти густиною $1,425 \text{ г/ см}^3$ в 400 см^3 води.

9. Обчисліть молярність і масову частку (%) 10 М розчину ортофосфатної кислоти густиною $1,48 \text{ г/см}^3$.
10. Розрахуйте нормальність і титр розчину, отриманого при розчиненні $14,6 \text{ г}$ гідроген хлориду в 200 см^3 води за нормальних умов.
11. Визначте масову частку (%) і молярність розчину сульфатної кислоти, молярність якої дорівнює $72,7 \text{ моль/кг}$. Густина розчину – $1,8 \text{ г/см}^3$.
12. Розрахуйте масову частку (%) і титр HCl за сріблом, якщо молярна концентрація хлоридної кислоти дорівнює $12,11 \text{ моль/л}$, а густина розчину – $1,185 \text{ г/см}^3$.
13. Розрахуйте масову частку (%) розчину, отриманого шляхом змішування 40 см^3 $12,11 \text{ М}$ розчину хлоридної кислоти густиною $1,185 \text{ г/см}^3$ з 500 см^3 води.
14. Обчисліть кількість мілілітрів 10 М розчину ортофосфатної кислоти густиною $1,485 \text{ г/см}^3$, необхідну для одержання 3 л 10 \% -го розчину густиною $1,055 \text{ г/см}^3$.
15. Визначте масову частку (%) і молярність 7 М розчину хлорної кислоти густиною $1,41 \text{ г/см}^3$.
16. Визначте молярність і молярність 45 \% -го розчину калій гідроксиду густиною $1,45 \text{ г/см}^3$.
17. Розрахуйте молярність і титр розчину, отриманого шляхом змішування 20 см^3 30 \% -го розчину натрій гідроксиду густиною $1,33 \text{ г/см}^3$ з 250 см^3 води.
18. Обчисліть молярність і мольну частку 14 \% -го розчину Натрій карбонату густиною $1,145 \text{ г/см}^3$.
19. Визначте, скільки грамів Натрій хлориду і води необхідно для приготування 5 л фізіологічного розчину ($0,9 \text{ \%}$ розчин NaCl).
20. Знайдіть масову частку (%) розчину, одержаного при змішуванні 70 см^3 70 \% -го розчину нітратної кислоти густиною $1,415 \text{ г/см}^3$ з 1000 см^3 3 \% -го розчину нітратної кислоти густиною $1,1 \text{ г/см}^3$.
21. Розрахуйте необхідну кількість феромангану, який вміщує 35 \% Мангану, для одержання 100 т сталі з вмістом Мангану 2 \% .
22. Обчисліть, скільки грамів $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ потрібно для приготування 200 см^3 $0,5 \text{ н}$ розчину за Zn ?

23. Обчисліть, скільки грамів $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ потрібно для приготування 10 л 3%-го розчину за Cu ?
24. Розрахуйте молярність і мольну частку розчину, одержаного при змішуванні 70 cm^3 70 %-го розчину нітратної кислоти густиною 1,415 г/см^3 з 1000 cm^3 3%-го розчину HNO_3 густиною 1,1 г/см^3 .
25. Визначте титр і масову частку (%) 2,3 М розчину ортофосфатної кислоти густиною 1,115 г/см^3 .
26. Визначте мольну частку і молярність 20,25 %-го розчину ортофосфатної кислоти густиною 1,115 г/см^3 .
27. Обчисліть масову частку (%) розчину, одержаного в результаті розчинення 30 г SO_3 в 200 cm^3 H_2O за нормальних умов.
28. Розрахуйте молярність і масову частку (%) розчину, одержаного при розчиненні 44,8 л аміаку за нормальних умов в 200 cm^3 води.
29. Визначте молярність і масову частку (%) розчину, одержаного при розчиненні 34 г аміаку за нормальних умов в 200 cm^3 води.
30. Розрахуйте, скільки мілілітрів 70 %-го розчину сульфатної кислоти густиною 1,61 г/см^3 і 10,56 %-го розчину сульфатної кислоти густиною 1,07 г/см^3 необхідно взяти для приготування 1,5 кг 25 %-го розчину сульфатної кислоти густиною 1,178 г/см^3 ?
31. Описати приготування 200 cm^3 0,01 Н розчину H_3PO_4 із 2 %-ної кислоти ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$).
32. Описати приготування 200 cm^3 0,01 Н розчину H_2SO_4 із 5 %-ої кислоти ($\rho = 1,025 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину.
33. До 200 cm^3 10%-ного розчину сірчаної кислоти ($\rho = 1,045 \text{ г/см}^3$) додали 100 cm^3 5 %-ного розчину ($\rho = 1,025 \text{ г/см}^3$). Визначити процентну, молярну, нормальну концентрації отриманого розчину, а також його рН.
34. Описати приготування 0,2 л 0,01 Н розчину KOH із 5%-ного розчину ($\rho = 1,033 \text{ г/см}^3$). Визначити рН цього розчину.
35. До 300 cm^3 2%-ного розчину азотної кислоти ($\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$) додали 250 cm^3 5%-ного розчину ($\rho = 1,03 \text{ г/см}^3$). Розрахуйте процентну, молярну, нормальну концентрації отриманого розчину, а також його рН.

36. Визначити молярну та нормальну концентрації 5 %-ного розчину H_3PO_4 ($\rho = 1,09 \text{ г/см}^3$).
37. 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 .
38. Описати приготування 200 см^3 0,01 Н розчину хлороводневої кислоти. Розрахуйте рН цього розчину. За допомогою яких речовин стандартизують розчин HCl ?
39. Описати приготування 500 см^3 0,01 Н розчину NaOH . Розрахуйте рН цього розчину. За допомогою яких речовин стандартизують розчин NaOH ?
40. 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?
41. Описати приготування 0,5 М розчину сірчаної кислоти. Розрахувати нормальну концентрацію та рН цього розчину. Яке забарвлення буде мати розчин у присутності фенолфталеїну.
42. 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.
43. 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.
44. 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.
45. Описати приготування 0,01Н розчину гідроксиду калію. Чим стандартизувати цей розчин і як? Чому розчини лугів не готують за точною наважкою?
46. Описати приготування 300 см^3 0,1 Н розчину оцтової кислоти із 5%-ної кислоти ($\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$) Розрахуйте рН розчину, константа дисоціації $-1,8 \cdot 10^{-5}$.

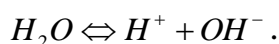
47. Титр розчину сірчаної кислоти $0,0063 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте для цього розчину рН, молярну і нормальну концентрації.
48. Яку наважку бури ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) потрібно взяти для приготування $0,5 \text{ дм}^3$ $0,1 \text{ Н}$ розчину. Для чого використовують розчин бури?
49. 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.
50. Розчин оцтової кислоти (25 см^3) нейтралізували $20,00 \text{ см}^3$ $0,15 \text{ Н}$ розчином KOH . Розрахуйте молярну і нормальну концентрації, титр розчину оцтової кислоти.
51. 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.
52. 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.
53. До 500 мл 10% -ного розчину хлороводневої кислоти ($\rho = 1,15 \text{ г/см}^3$) прилили 1 л води. Визначити процентну, молярну, нормальну концентрації розчину.
54. Титр розчину гідроксиду натрію $0,0045 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте для цього розчину рН, молярну і нормальну концентрації.
55. Описати приготування 250 см^3 $0,1 \text{ Н}$ розчину мурашиної кислоти із 5% -ної кислоти ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$).
56. 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 см^3 ?
57. Який об'єм 10% -вого розчину натрій карбонату ($\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$) потрібно взяти для приготування 1 л розчину з нормальною концентрацією $0,05 \text{ Н}$? Напишіть рівняння гідролізу солі, вкажіть характер середовища.
58. Яка нормальна концентрація і рН розчину сірчаної кислоти, якщо до 500 см^3 10% -ного розчину кислоти ($\rho = 1,112 \text{ г/см}^3$) прилили $0,5 \text{ л}$ води?
59. Розрахуйте молярну, нормальну концентрації 3% -ного розчину гідроксиду амонію ($\rho = 1,109 \text{ г/см}^3$), константа дисоціації NH_4Cl - $1,75 \cdot 10^{-5}$.

60. До 500 см^3 10%-ного розчину азотної кислоти ($\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$) прилили 1,5 л води. Визначити процентну, молярну, нормальну концентрації та pH отриманого розчину
61. Визначте скільки 50 %-го розчину сульфатної кислоти необхідно додати до 150 г води для отримання 20 % -го розчину кислоти.
62. Визначте відсоткову концентрацію розчину, отриманого при змішуванні 150 г 20 %-го та 250 г 40 % -го розчину AgNO_3 .
63. Визначте молярну концентрацію 27 %-го розчину хлоридної кислоти, густина якого дорівнює $1,137 \text{ г/см}^3$.
64. Визначте скільки грам $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ і води, необхідно для приготування 200 г 5 %-го розчину.
65. Визначте масу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та води, що необхідні для приготування 500 г 15 %-го розчину.
66. Знайдіть масу лугу (NaOH) та води, які необхідні для приготування 250 мл 2 н розчину, густина якого $1,07 \text{ г/см}^3$.
67. Розрахуйте який об'єм вихідного 2 н розчину NaOH необхідний для приготування 300 мл 0,2 н розчину лугу.
68. Розрахуйте масу 30 %-го розчину сульфатної кислоти, необхідну для приготування 100 мл 0,5 М розчину цієї ж кислоти.
69. Розрахуйте масу 40 %-го розчину лугу (KOH), необхідну для приготування 150 мл 1 н розчину KOH .
70. Розрахуйте масу 60 %-го розчину нітратної кислоти, необхідну для приготування 250 мл 0,2 н розчину цієї ж кислоти.

2. ГОМОГЕННА РІВНОВАГА В РОЗЧИНАХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

2.1. Йонний добуток води. Водневий показник

Реакції, що застосовують в аналітичній хімії, найчастіше протікають у водних розчинах. Вода є досить слабким електролітом, в результаті дисоціації якого у розчин надходять йони гідрогену та гідроксиду. Спрощено дисоціацію води без урахування стадії утворення йону гідроксонію H_3O^+ можна записати



Для стану рівноваги константа дисоціації води має вигляд

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]} = 1,86 \cdot 10^{-16} \text{ моль/л.} \quad (2.1)$$

Оскільки в дисоційованій формі перебуває мізерна частина молекул води, то концентрацію її недисоційованих молекул вважають сталою величиною. Рівняння (2.1) можна записати

$$K[H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O}, \quad (2.2)$$

де K_{H_2O} – йонний добуток води.

Як би не змінювались концентрації йонів H^+ або OH^- , їх добуток у будь-якому водному розчині є величиною сталою при кімнатній температурі. Йонний добуток води залежить лише від температури. З підвищенням температури збільшується йонний добуток води. При $25^\circ C$ $K_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-14}$, а концентрації йонів гідрогену та гідроксиду однакові: $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Співвідношення між концентраціями йонів гідрогену та гідроксиду справедливе не лише для чистої води, але й для будь-яких водних розчинів.

Від концентрації йонів H^+ та OH^- залежить кислотність середовища. Характеризуючи концентрацію йонів гідрогену в розчині, на практиці користуються водневим показником pH

$$pH = -\lg[H^+]. \quad (2.3)$$

Водневий показник – це від’ємний десятковий логарифм концентрації йонів гідрогену.

За аналогією використовують гідроксидний показник pOH

$$pOH = -\lg[OH^-] \quad (2.4)$$

Величини pH і pOH , як і концентрації відповідних йонів, залежать одна від одної. Прологарифмувавши рівняння $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$, дістанемо

$$\lg[H^+] + \lg[OH^-] = \lg 10^{-14}; \quad pH + pOH = 14. \quad (2.5)$$

Для нейтрального розчину $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$, $pH = pOH = 7$.

Для кислого розчину $[H^+] > 10^{-7}$, $pH < 7$, а $pOH > 7$.

Для лужного розчину $[H^+] < 10^{-7}$, $pH > 7$, а $pOH < 7$.

2.2. Електролітична дисоціація. Розчини електролітів

Деякі розчини, що називаються електролітами, взаємодіючи з полярними молекулами розчинника, розпадаються на протилежно заряджені частинки - йони і утворюють розчини, що проводять електричний струм. Розщеплення розчиненої речовини на йони під дією молекул розчинника називають електролітичною дисоціацією. За рахунок йон-дипольної взаємодії молекул розчинника з йонами електроліту утворюються сольватовані (гідратовані) йони.

Процес дисоціації є оборотним. Кількісною характеристикою повноти перебігу електролітичної дисоціації є ступінь дисоціації α - відношення числа молекул, що розпалися на йони n_i до загального числа всіх молекул розчиненої речовини $\sum n_i$

$$\alpha = \frac{n_i}{\sum n_i}. \quad (2.6)$$

Залежно від ступеня дисоціації електроліти поділяють на сильні і слабкі. Сильні електроліти в розбавлених водних розчинах дисоціюють практично повністю, тобто необоротно. До них відносяться сильні кислоти, луги, а також усі розчинні солі. Слід зазначити, що яким би сильним не був електроліт, значення ступеня дисоціації може тільки наближатися до 100% (або до 1,0), але ніколи цієї межі досягти не може. Слабкі електроліти в розчинах дисоціюють частково, тобто процес їх дисоціації є оборотним. Для слабких електролітів

$$0 < \alpha \ll 1.$$

Важливою характеристикою процесу дисоціації слабких електролітів є константа дисоціації K_D . Для бінарного електроліту процес дисоціації можна записати



Тоді константа дисоціації цього електроліту матиме вигляд

$$K_D = \frac{[K^+] \cdot [A^-]}{[KA]}.$$

Константа дисоціації слабких електролітів пов'язана зі ступенем дисоціації законом розведення Оствальда

$$K_D = \frac{\alpha^2 \cdot C_M}{1 - \alpha}, \quad (2.7)$$

де C_M - молярна концентрація слабого електроліту, моль/л.

Враховуючи, що для слабких електролітів ступінь дисоціації значно менший за одиницю ($\alpha \ll 1$), то рівняння (2.7) спрощується і закон розведення Оствальда має вигляд

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_D}{C_M}}. \quad (2.8)$$

При розрахунках замість константи дисоціації дуже часто використовують показник константи дисоціації pK , який визначається за рівнянням

$$pK = -\lg K_D \quad (2.9)$$

Розчини сильних електролітів навіть при дуже великому розведенні не відносяться до ідеальних. Це реальні розчини, де кожний йон взаємодіє з усіма оточуючими його йонами, що викликає відхилення властивостей сильних електролітів від властивостей ідеальних розчинів. Щоб врахувати відхилення властивостей сильних електролітів, ввели поняття активність – a

Активність – це функція концентрації, тиску та температури, підстановка якої в рівняння законів, дійсних для ідеальних систем, дозволяє застосовувати

їх для розрахунків властивостей реальних систем. Активність зв'язана з концентрацією розчину через коефіцієнт активності

$$a_i = c_i \cdot \gamma_i, \quad (2.10)$$

де c_i – молярна концентрація електроліту, моль/л; γ_i – коефіцієнт активності.

Для розрахунку коефіцієнту активності в дуже розведених розчинах використовують рівняння першого наближення теорії Дебая - Гюккеля

$$\lg \gamma_i = -0,5 \cdot Z_i^2 \cdot \sqrt{I}, \quad (2.11)$$

де Z_i^2 – добуток зарядів катіону і аніону; I – йонна сила розчину, яку розраховують за рівнянням

$$I = \frac{1}{2} \sum (c_i Z_i^2) \quad (2.12)$$

Рівняння (2.11) справедливе для розчинів з $I < 0,01$.

Якщо $0,01 < I < 0,5$, то коефіцієнт активності розраховують за рівнянням другого наближення теорії Дебая – Гюккеля

$$\lg \gamma_{\pm} = -\frac{0,5 \cdot Z_+ \cdot Z_- \cdot \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} \quad \text{або} \quad \lg \gamma_i = \frac{Z_i^2}{Z_+ \cdot Z_-} \lg \gamma_{\pm}. \quad (2.13)$$

При виконанні хімічного аналізу різних матеріалів важливу роль відіграє середовище, в якому протікає та чи інша реакція. Оскільки кислотність розчину визначається концентрацією йонів гідрогену, то треба вміти розраховувати концентрацію цих йонів в розчинах сильних і слабких кислот та основ.

Для розчину одноосновної сильної кислоти концентрацію йонів гідрогену та її кислотність розраховують за рівняннями

$$[H^+] = C_{к-ти}, \quad pH = -\lg C_{к-ти}, \quad (2.14)$$

де $C_{к-ти}$ – молярна концентрація одноосновної сильної кислоти, моль/л.

Для концентрованих розчинів розраховують водневий показник, виражений через активність йонів гідрогену

$$pa_{H^+} = -\lg a_{H^+}. \quad (2.15)$$

Для сильних однокислотних основ концентрація йонів H^+ визначається за рівняннями

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{C_{осн.}}; \quad pH = 14 + \lg C_{осн.}, \quad (2.16)$$

де $C_{осн.}$ – молярна концентрація одноосновної сильної основи, моль/л.

Концентрацію іонів гідрогену в розчинах одноосновної слабкої кислоти розраховують за рівнянням

$$[H^+] = \sqrt{K_{Д,к-ти} \cdot C_{к-ти}}, \quad (2.17)$$

де $K_{Д,к-ти}$ – константа дисоціації слабкої кислоти; $C_{к-ти}$ – молярна концентрація слабкої кислоти, моль/л.

Водневий показник таких кислот визначається за рівнянням

$$pH = \frac{1}{2} pK_{Д,к-ти} - \frac{1}{2} \lg C_{к-ти}, \quad (2.18)$$

де $pK_{Д,к-ти} = -\lg K_{Д,к-ти}$.

Для слабких однокислотних основ

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{\sqrt{K_{Д,осн.} \cdot C_{осн.}}}, \quad (2.19)$$

де $K_{Д,осн.}$ – константа дисоціації однокислотної слабкої основи; $C_{осн.}$ – молярна концентрація слабкої основи, моль/л.

Водневий показник слабких основ розраховується за рівнянням

$$pH = 14 - \frac{1}{2} pK_{Д,осн.} + \frac{1}{2} \lg C_{осн.}, \quad (2.20)$$

де $pK_{Д,осн.} = -\lg K_{Д,осн.}$.

2.3. Гідроліз солей в хімічному аналізі

Водні розчини багатьох нейтральних (середніх) солей не є нейтральними, що свідчить про взаємодію їхніх іонів з молекулами води. Причина такої взаємодії криється у можливості утворення під час хімічної реакції слабких електролітів.

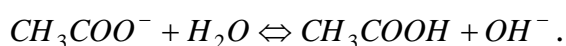
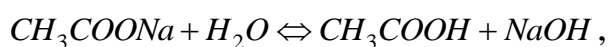
Гідроліз – це процес взаємодії розчинених у воді солей з полярними молекулами води. До гідролізу схильні солі, що утворені слабкою кислотою і

сильною основою, сильною кислотою і слабкою основою та слабкою кислотою і слабкою основою. Кількісно гідроліз характеризують, як і процес дисоціації, двома величинами:

- 1) ступенем гідролізу h_{Γ} , що показує, яка частина розчиненої солі прогідролізувала у стані рівноваги;
- 2) константою гідролізу K_{Γ} , як оборотного процесу, в якому через деякий час настає рівновага.

Гідроліз солі, утвореної одноосновною слабкою кислотою і сильною основою

Гідроліз таких солей можна представити реакціями в молекулярній та йонно - молекулярній формах



Константу і ступінь гідролізу солей цього типу розраховують за рівняннями

$$K_{\Gamma} = \frac{10^{-14}}{K_{D,к-ти}}. \quad (2.21)$$

$$h_{\Gamma} = \sqrt{\frac{K_{\Gamma}}{C_{соли}}} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{D,к-ти} \cdot C_{соли}}}. \quad (2.22)$$

В результаті гідролізу в розчині накопичуються йони OH^- , змінюючи кислотність середовища. При цьому

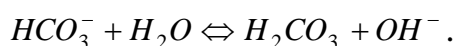
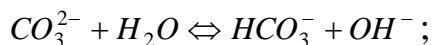
$$[H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot K_{D,к-ти}}{C_{соли}}} \quad \text{або} \quad pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{D,к-ти} + \frac{1}{2} \lg C_{соли}. \quad (2.23)$$

Таким чином, рН розчину зростає зі збільшенням концентрації солі та величини $pK_{D,к-ти}$.

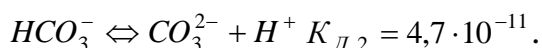
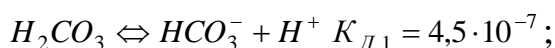
Гідроліз солі, утвореної двоосновною слабкою кислотою і сильною основою

Гідроліз солей дво- та багатоосновних кислот ускладнюється тим, що відповідно до ступінчастої дисоціації останніх процес гідролізу також протікає ступінчато. Наприклад, гідроліз солі Na_2CO_3 протікає за наступними ступенями:



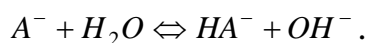


Солі цього типу гідролізують переважно за першим ступенем, що впливає з порівняння констант дисоціації кислоти за першим та другим ступенем. Гідроліз за другим ступенем майже не здійснюється, оскільки вже на першому ступені утворюється більш слабка кислота HCO_3^- порівняно з тією, яка утворюється за другим ступенем H_2CO_3 .



$K_{\text{Д},2} \ll K_{\text{Д},1}$. Отже перший ступінь гідролізу є найвигіднішим і завершеним.

Схематично гідроліз таких солей можна представити



Константу гідролізу солей цього типу розраховують за рівнянням

$$K_{\Gamma} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{Д},\text{HA}^-}}, \quad (2.24)$$

де $K_{\text{Д},\text{HA}^-}$ - константа дисоціації слабкої кислоти за другим ступенем.

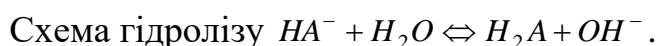
Ступінь гідролізу визначають за рівнянням

$$h_{\Gamma} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{\text{Д},\text{HA}^-} \cdot C_{\text{соли}}}}. \quad (2.25)$$

Кислотність розчину такої солі обчислюють за рівняннями

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot K_{\text{Д},\text{HA}^-}}{C_{\text{соли}}}} \quad \text{або} \quad \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{Д},\text{HA}^-} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{соли}}. \quad (2.26)$$

Гідроліз кислої солі, утвореної слабкою кислотою і сильною основою



Константу та ступінь гідролізу цих солей розраховують за рівняннями

$$K_{\Gamma} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{Д},\text{H}_2\text{A}}}; \quad (2.27)$$

$$h_{\Gamma} = \frac{10^{-14}}{C_{\text{соли}} \cdot \sqrt{K_{\text{Д},\text{H}_2\text{A}} \cdot K_{\text{Д},\text{HA}^-}}}, \quad (2.28)$$

де $K_{Д,Н_2А}$ і $K_{Д,НА^-}$ - відповідно константи дисоціації кислоти за першим та другим ступенем.

Кислотність розчину солі визначають за рівняннями

$$[H^+] = \sqrt{K_{Д,Н_2А} \cdot K_{Д,НА^-}} \quad \text{або} \quad pH = \frac{1}{2} pK_{Д,Н_2А} + \frac{1}{2} pK_{Д,НА^-}. \quad (2.29)$$

Гідроліз солі, утвореної слабкою основою і сильною кислотою

Гідроліз таких солей можна представити реакціями в молекулярній та йонно - молекулярній формах

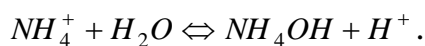
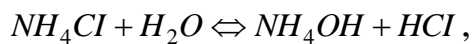
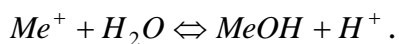


Схема гідролізу цих солей в загальному вигляді



В процесі гідролізу таких солей у розчині накопичуються йони гідрогену. Кислотність розчину розраховують за рівняннями

$$[H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot C_{соли}}{K_{Д,осн.}}} \quad \text{або} \quad pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{Д,осн.} - \frac{1}{2} \lg C_{соли}. \quad (2.30)$$

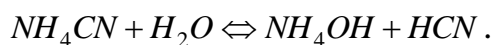
Константу та ступінь гідролізу визначають за рівняннями

$$K_{Г} = \frac{10^{-14}}{K_{Д,осн.}}, \quad (2.31)$$

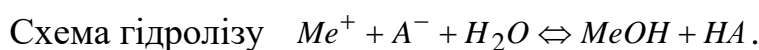
$$h_{Г} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{Д,осн.} \cdot C_{соли}}}. \quad (2.32)$$

Гідроліз солі, утвореної слабкою кислотою і слабкою основою

Гідроліз таких солей можна представити реакцією в молекулярній формі



Такі реакції є майже необоротними, оскільки під час їх перебігу утворюються два слабких електроліти.



Константа гідролізу такої солі дорівнює

$$K_{Г} = \frac{10^{-14}}{K_{Д,к-ти} \cdot K_{Д,осн.}}. \quad (2.33)$$

Ступінь гідролізу розраховують за рівнянням

$$h_{\Gamma} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{D,к-ти} \cdot K_{D,осн.}}} . \quad (2.34)$$

Водневий показник середовища визначають за рівняннями

$$[H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot K_{D,к-ти}}{K_{D,осн.}}} \text{ або } pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{D,осн.} + \frac{1}{2} \lg pK_{D,к-ти} . \quad (2.35)$$

2.4. Буферні розчини

Буферні розчини – це суміші концентрованих розчинів слабкої кислоти або основи та її солі, що утворена сильною основою або кислотою. Наприклад, суміші оцтової кислоти та ацетату натрію (кислий буферний розчин), суміш гідроксиду та хлориду амонію (лужний буферний розчин).

Значення цих розчинів у хімічному аналізі дуже велике, так як з їх допомогою можна виконувати аналіз матеріалів за контрольованих кислотних умов.

При введенні до буферної суміші розчину сильної кислоти або сильної основи змінюється концентрація слабкої кислоти або основи, проте рН буферного розчину практично не змінюється. Це пояснюється тим, що слабка кислота або слабка основа взагалі мало дисоціює, а при наявності однойменних йонів її солі дисоціація буде ще менш відчутною. Розведення розчину не впливає на його рН, оскільки водневий показник залежить лише від співвідношення концентрацій солі ($C_{солі}$) та кислоти ($C_{к-ти}$) і не залежить від ступеня розведення.

Для кислого буферного розчину, утвореного слабкою кислотою та її сіллю, кислотність обчислюють за рівняннями

$$[H^+] = K_{D,к-ти} \frac{C_{к-ти}}{C_{солі}} \text{ або } pH = pK_{к-ти} - \lg \frac{C_{к-ти}}{C_{солі}} . \quad (2.36)$$

Для лужного буферного розчину, утвореного слабкою основою та її сіллю, кислотність розраховують за рівняннями

$$[OH^-] = K_{D,осн.} \frac{C_{осн.}}{C_{солі}} \text{ або } pH = 14 - pK_{осн.} + \lg \frac{C_{осн.}}{C_{солі}} . \quad (2.37)$$

2.5. Розв'язування типових задач

Задача 1. Обчислити рН розчину з концентрацією іонів H^+ $4,2 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Розв'язання:

$$[\text{H}^+] = 4,2 \cdot 10^{-5}; \text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 4,2 \cdot 10^{-5} = 5 - \lg 4,2 = 4,38$$

Задача 2. Обчислити pH розчину соляної кислоти з $C_{\text{H}} = 0,15$ моль/л і розчину гідроксиду натрію з $C_{\text{H}} = 0,2$ моль/л, $\alpha = 1$.

Розв'язання:

1) $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$; $[\text{H}^+] = \alpha \cdot C_{\text{к-ти}} = 1 \cdot 0,15 = 0,15$ моль/л; $\text{pH} = -\lg 1,5 \cdot 10^{-1} = 1 - \lg 1,5 = 0,824$

2) $\text{pH} + \text{pOH} = 14$; $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$; $[\text{OH}^-] = \alpha \cdot C_{\text{осн.}} = 1 \cdot 0,2 = 0,2$ моль/л; $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 0,2 = 0,7$; $\text{pH} = 14 - 0,7 = 13,3$.

Задача 3. Обчислити pH розчину мурашиної кислоти з $C_{\text{H}} = 0,1$ моль/л, $K_{\text{г}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$.

Розв'язання: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$; $[\text{H}^+] = \alpha \cdot C$; $K_{\text{г}} = \alpha^2 \cdot C$; $\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{г}}}{C}}$; $[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{г}}}{C}} \cdot C = \sqrt{K_{\text{г}} \cdot C}$;

$$\text{pH} = -\lg \sqrt{K_{\text{г}} \cdot C} = -\lg \sqrt{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1} = -\lg 4,24 \cdot 10^{-3} = 2,37.$$

Задача 4. Як зміниться pH води, якщо 80 мл її долити до 20 мл розчину гідроксиду натрію з $C_{\text{H}} = 0,1$ моль/л, $\alpha = 1$.

Розв'язання: $\text{pH}_{(\text{води})} = 7$. Після розведення $V_2 = 80 + 20 = 100$ мл

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2; C_2 = \frac{V_1}{C_1} \cdot C_1 = \frac{20 \cdot 0,1}{100} = 0,02; \text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-];$$

$$[\text{OH}^-] = \alpha \cdot C = 1 \cdot 0,02 = 2 \cdot 10^{-2}, \text{pOH} = -\lg 2 \cdot 10^{-2} = 1,7;$$

$$\text{pH} = 14 - 1,7 = 12,3; \Delta \text{pH} = 12,3 - 7 = 5,30.$$

Задача 5. Обчислити $[\text{H}^+]$ крові, якщо $\text{pH} = 7,36$.

Розв'язання: Знаходять антилогарифм числа 7,36; $[\text{H}^+] = 4,4 \cdot 10^{-8}$ моль/л.

Задача 6. Визначте pH і α_{H^+} розчину, одержаного при розчиненні 10 мл 70%-го розчину сульфатної кислоти густиною 1,61 г/мл в 250 мл води.

Розв'язування. Маса 10 мл розчину H_2SO_4 дорівнює

$$m_p = V \cdot \rho = 10 \cdot 1,61 = 16,1 \text{ г.}$$

Масу сульфатної кислоти в 10 мл 70%-го розчину знайдемо з наступної пропорції

100г розчину вміщує 70г H_2SO_4 ,

16,1г розчину вміщує $X\text{гH}_2\text{SO}_4$,

$$X = \frac{16,1 \cdot 70}{100} = 11,27 \text{ г } \text{H}_2\text{SO}_4.$$

Кількість молей кислоти визначимо за рівнянням

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{11,27}{98} = 0,115 \text{ моль.}$$

Тоді молярна концентрація розчину H_2SO_4 , враховуючи, що об'єм одержаного розчину $V_p = V(\text{H}_2\text{SO}_4) + V(\text{H}_2\text{O}) = 10 + 250 = 260 \text{ мл}$, становитиме

$$C_M = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,115 \cdot 1000}{260} = 0,44 \text{ моль/л.}$$

Так як H_2SO_4 - двоосновна кислота, то концентрація йонів гідрогену в розчині, виходячи з рівняння дисоціації $\text{H}_2\text{SO}_4 \Leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$, буде в два рази більшою за концентрацію кислоти.

$$[\text{H}^+] = 2C_M = 2 \cdot 0,44 = 0,88 \text{ моль/л.}$$

Звідси водневий показник дорівнюватиме

$$pH = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 0,88 = 0,055.$$

Для визначення водневого показника, вираженого через активність йонів гідрогену, розрахуємо йонну силу розчину за формулою (2.12)

$$I = \frac{1}{2} \sum \left(C_{\text{H}^+} \cdot Z_{\text{H}^+}^2 + C_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot Z_{\text{SO}_4^{2-}}^2 \right) = \frac{1}{2} (0,88 \cdot 1^2 + 0,44 \cdot 2^2) = 1,32.$$

Знаючи йонну силу розчину, коефіцієнт активності визначимо за рівнянням (2.13)

$$\lg \gamma_{H^+} = -\frac{0,5 \cdot 1^2 \cdot \sqrt{1,32}}{1 + \sqrt{1,32}} = -0,27,$$

$$\gamma_{H^+} = 0,54.$$

Тоді активність йонів гідрогену за рівнянням (2.10) дорівнюватиме

$$a_{H^+} = C_{H^+} \cdot \gamma_{H^+} = 0,88 \cdot 0,54 = 0,475 \text{ моль/л},$$

а водневий показник $p\alpha_{H^+} = -\lg \alpha_{H^+} = -\lg 0,475 = 0,32$.

Задача 7. Розрахуйте концентрацію йонів гідрогену і ступінь гідролізу солі в розчині, одержаному при розчиненні 10,6 г Натрій гідроген карбонату в 800 см³ води. Константи дисоціації карбонатної кислоти за ступенями відповідно дорівнюють $K_{D,H_2CO_3} = 4,5 \cdot 10^{-7}$; $K_{D,HCO_3^-} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.

Розв'язування. Для кислої солі, утвореної слабкою кислотою і сильною основою, концентрацію йонів гідрогену розрахуємо за рівнянням (2.29)

$$[H^+] = \sqrt{K_{D,H_2CO_3} \cdot K_{D,HCO_3^-}} = \sqrt{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11}} = 4,65 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}.$$

Для розрахунку ступеня гідролізу треба знайти молярну концентрацію солі. Для чого розрахуємо кількість молей розчиненої солі

$$n_{NaHCO_3} = \frac{m_{NaHCO_3}}{M_{NaHCO_3}} = \frac{10,6}{84} = 0,126 \text{ моль},$$

де M_{NaHCO_3} - молярна маса солі, г/моль. $M_{NaHCO_3} = 84$ г/моль.

Тоді молярну концентрацію солі визначимо з відповідної пропорції

800 мл розчину вміщує 0,126 моля $NaHCO_3$,

1000 мл розчину вміщують X моль $NaHCO_3$,

$$X = \frac{1000 \cdot 0,126}{800} = 0,16 \text{ моль/л}.$$

Ступінь гідролізу солі розрахуємо за рівнянням (2.28)

$$h_T = \frac{10^{-14}}{C_{\text{соли}} \cdot \sqrt{K_{D, H_2CO_3} \cdot K_{D, HCO_3^-}}} = \frac{10^{-14}}{0,16 \cdot \sqrt{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11}}} = 1,34 \cdot 10^{-5}.$$

Задача 8. Скільки грамів солі NaAc треба додати до 500 мл 0,1М розчину етанової кислоти (CH₃COOH), щоб зменшити концентрацію йонів гідрогену в розчині у 1000 разів? $K_{D, NaAc} = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

Розв'язування. Розрахуємо концентрацію йонів гідрогену в 0,1М розчині NaAc за формулою (2.17)

$$[H^+] = \sqrt{K_{D, \text{к-ти}} \cdot C_{\text{к-ти}}} = \sqrt{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1} = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Суміш етанової кислоти з її сіллю – це кислий буферний розчин. Концентрація йонів гідрогену в буферному розчині визначається за рівнянням (2.36)

$$[H^+] = K_{D, \text{к-ти}} \frac{C_{\text{к-ти}}}{C_{\text{соли}}}.$$

Звідки
$$C_{\text{соли}} = K_{D, \text{к-ти}} \frac{C_{\text{к-ти}}}{[H^+]}$$

За умовою задачі концентрація йонів гідрогену повинна зменшитися у 1000 разів, тобто $[H^+] = 1,32 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

Тоді
$$C_{NaAc} = 1,74 \cdot 10^{-5} \frac{0,1}{1,32 \cdot 10^{-6}} = 1,32 \text{ моль/л.}$$

Маса солі, яку треба додати до 1л розчину, щоб зменшити концентрацію йонів гідрогену у 1000, дорівнюватиме

$$m_{NaAc} = C_{NaAc} \cdot M_{NaAc} = 1,32 \cdot 82 = 108,1 \text{ г/л.}$$

До 500 см³ розчину треба додати у два рази менше солі, тобто 54,05г NaAc.

Задача 9. рН 0,2М розчину натрієвої солі слабкої одноосновної кислоти дорівнює 10. Розрахуйте константу і ступінь гідролізу солі.

Розв'язування. Щоб розрахувати константу і ступінь гідролізу солі, утвореної слабкою кислотою і сильною основою, треба визначити константу дисоціації кислоти за рівнянням (2.26)

$$[H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot K_{Д,НА^-}}{C_{соли}}} \quad \text{і} \quad K_{Д,к-ти} = \frac{[H^+]^2 \cdot C_{соли}}{10^{-14}}$$

Оскільки рН=10, то $[H^+] = 10^{-10}$ моль/л.

Тоді
$$K_{Д,к-ти} = \frac{10^{-20} \cdot 0,2}{10^{-14}} = 2 \cdot 10^{-7}.$$

Константу гідролізу розрахуємо за рівнянням (2.21)

$$K_{Г} = \frac{10^{-14}}{K_{Д,к-ти}} = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-7}} = 5 \cdot 10^{-8}.$$

Ступінь гідролізу – за рівнянням (2.22)

$$h_{Г} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{Д,к-ти} \cdot C_{соли}}} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-7} \cdot 0,2}} = 5 \cdot 10^{-4}.$$

2.6. Задачі для самостійної роботи

1. Визначте рН розчину, одержаного при розчиненні 1,12 л НСІ в 500 см³ води за нормальних умов.
2. Визначте рН розчину, одержаного при розчиненні 4 г натрій гідроксиду в 10 л води.
3. Розрахуйте рН розчину, отриманого при розведенні 50 см³ 40,2%-го розчину етанової кислоти водою до 1000 см³, $\rho=1,05$ г/мл, $K_{Д,Нас}=1,74 \cdot 10^{-5}$.
4. Обчисліть рН розчину, одержаного при розчиненні 2,24 л НСІ в 6000 см³ води за нормальних умов.
5. Розрахуйте рОН розчину, одержаного при розведенні 100 мл 10%-го розчину метанової кислоти водою до 1500 мл. $K_{Д,НСООН}=1,8 \cdot 10^{-4}$, $\rho=1,05$ г/мл.
6. Визначте концентрацію йонів гідрогену і гідроксиду в розчині, 250 см³ якого містить 10,6г Na₂CO₃. $K_{Д,НСО_3^-} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.

7. Розрахуйте концентрацію йонів гідрогену, йонів гідроксиду і ступінь гідролізу солі в розчині, 500 см³ якого містить 8,2 г NaAc. $K_{D,NaAc}=1,74 \cdot 10^{-5}$.
8. Визначте концентрацію йонів гідроксиду і ступінь гідролізу солі в розчині, 200 см³ якого містить 1,06 г NaHCO₃. $K_{D,H_2CO_3} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{D,HCO_3^-} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.
9. Визначте концентрацію йонів гідрогену в розчинах: а) 0,5М розчин NaH₂PO₄; б) 0,3М розчин Na₂HPO₄. $pK_1=1,96$; $pK_2=6,76$; $pK_3=12,44$.
10. Розрахуйте концентрацію йонів гідроксиду і ступінь гідролізу солі Амоній хлориду, отриманого при розчиненні 2,675 г NH₄Cl в 500 см³ води. $K_{D,NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
11. Визначте концентрацію йонів гідрогену і гідроксиду в розчині NH₄Ac, отриманого при розчиненні 3,85г солі в 250мл води. $K_{D,NaAc}=1,74 \cdot 10^{-5}$. $K_{D,NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
12. Визначте концентрацію йонів гідрогену і водневий показник розчину, одержаного при розчиненні 6 г NaAc і 12 г етанової кислоти в 1 л води. $K_{D,NaAc}=1,74 \cdot 10^{-5}$.
13. В 250 см³ води розчинили 50 см³ 40%-го розчину амоній гідроксиду густиною 0,88г/ см³ і 17,8г Амоній хлориду. Визначте концентрацію йонів гідроксиду і водневий показник одержаного розчину. $K_{D,NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
14. Визначте активність йонів гідрогену в розчині, отриманому при розчиненні 1,12 л Гідроген хлориду в 500 см³ води за нормальних умов.
15. В 500 см³ води розчинили 150 см³ 40,2%-го розчину етанової кислоти густиною 1,05г/мл. $K_{D,NaAc}=1,74 \cdot 10^{-5}$. Визначте активність йонів гідрогену та ступінь дисоціації кислоти в отриманому розчині.
16. Розрахуйте активність йонів гідрогену в розчині, який отримали шляхом змішування 50 см³ 40%-го розчину H₂SO₄ густиною 1,3 г/мл і 300 мл води.
17. Визначте активність йонів гідрогену в розчині, який отримали шляхом змішування 50 см³ 40%-го розчину ортофосфатної кислоти густиною 1,46г/мл і 12,5г Натрій ортофосфату з 500 см³ води, враховуючи тільки першу ступінь дисоціації кислоти. $K_{D,H_3PO_4} = 7,6 \cdot 10^{-3}$.

18. Розрахуйте, у скільки разів зміниться концентрація йонів гідрогену, якщо в 500 см^3 $0,1\text{М}$ розчину метанової кислоти розчинити $13,6\text{г}$ Натрій формиату?
19. Скільки грамів Натрій ацетату необхідно додати до 400 см^3 $0,1\text{М}$ етанової кислоти, щоб зменшити концентрацію йонів гідрогену в розчині в 100 разів?
 $K_{Д,НАс} = 1,74 \cdot 10^{-5}$.
20. Скільки мілілітрів 30% -го розчину амоній гідроксиду густиною $0,892 \text{ г/ см}^3$ треба додати до розчину, який вміщує $10,7 \text{ г}$ Амоній хлориду в 500 см^3 , щоб $\text{pH} = 9,5$? $K_{Д, NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
21. Визначте концентрацію і активність йонів гідрогену, pH розчину, одержаного при розчиненні $6,675 \text{ г}$ Алюміній хлориду в 500 см^3 розчину. Константа гідролізу солі дорівнює $1,35 \cdot 10^{-5}$.
22. Скільки грамів Ферум (III) хлориду необхідно розчинити в 500 см^3 розчину, щоб $\text{pH} = 1,9$? Константа гідролізу солі дорівнює $3,0 \cdot 10^{-3}$.
23. Скільки грамів етандіової кислоти треба розчинити в 100 мл розчину, щоб pH розчину дорівнював $8,5$? $K_{H_2C_2O_4,1} = 5,6 \cdot 10^{-2}$; $K_{H_2C_2O_4,2} = 5,4 \cdot 10^{-5}$.
24. Визначте ступінь дисоціації і pH розчину, одержаного при розчиненні 50 см^3 30% -го розчину амоній гідроксиду густиною $0,892 \text{ г/ см}^3$ в 200 мл води.
 $K_{Д, NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
25. 500 см^3 розчину вміщує $4,3$ -пропенової кислоти. Визначте концентрацію йонів гідрогену, pH розчину і ступінь дисоціації кислоти в цьому розчині.
 $K_{Д, CH_3CH_2COOH} = 1,35 \cdot 10^{-5}$.
26. Скільки грамів Амоній хлориду необхідно додати до 200 см^3 $0,1\text{М}$ розчину амоній гідроксиду, щоб зменшити концентрацію йонів гідроксиду в 100 разі?
 $K_{Д, NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
27. 500 см^3 розчину вміщує $6,2 \text{ г}$ ортоборатної кислоти. Як зміниться pH розчину, якщо додати $20,2 \text{ г}$ Натрій тетраборату? $K_{Д, H_3BO_3} = 5,8 \cdot 10^{-10}$.
28. pH $0,1\text{М}$ розчину калієвої солі слабкої одноосновної кислоти дорівнює $9,07$. Визначте константу і ступінь гідролізу цієї солі.

29. До 30 см^3 води додали 5 см^3 3М розчину KNO_2 . Розрахуйте концентрацію іонів гідроксиду і рН отриманого розчину. $K_{\text{Д, HNO}_2} = 5,1 \cdot 10^{-4}$.
30. Скільки міліграмів Калій ціаніду міститься в 100 см^3 розчину, рН якого дорівнює 10,46? $K_{\text{Д, HCN}} = 6,2 \cdot 10^{-10}$.
31. У 500 см^3 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 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Чому буде дорівнювати рН, якщо розчин розбавити водою в 5 разів?
33. До 100 см^3 0,2 М оцтової кислоти додали 100 мл 0,2 М гідроксиду калію. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі.
34. До 250 см^3 0,4 М HCN додали 250 см^3 0,4 М NaOH. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі.
35. Скільки грамів CH_3COONa потрібно додати до 500 см^3 води, щоб одержати розчин з рН 9?
36. Скільки грамів Na_2S знаходиться в 100 см^3 розчину, якщо рН його дорівнює 13? Обчислити ступінь гідролізу солі.
37. Скільки грамів KCN знаходиться в 10 см^3 розчину, його рН дорівнює 11,0?
38. Змішали 40 см^3 0,3 М оцтової кислоти і 20 см^3 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 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
45. Розрахуйте рН і ступінь гідролізу в 0,02 М розчині $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

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 долити фенолфталеїн? Відповідь підтвердіть розрахунком.
49. У 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 долити метиловий жовтогарячий? Відповідь підтвердіть розрахунками.
51. Який розчин матиме більш лужне середовище: 0,01М розчин Na_2CO_3 чи 0,1М розчин Na_2SiO_3 ? Відповідь підтвердіть розрахунками.
52. Який розчин матиме більш низьке значення рН: 0,1 М розчин Na_3PO_4 чи 0,1 М розчин CH_3COONa ? Відповідь підтвердіть 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 підтвердіть 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 підтвердіть 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 см^3 розчину міститься 0,535 г NH_4Cl . Розрахуйте рН і ступінь гідролізу солі.
57. Яку наважку NH_4NO_3 потрібно розчинити в 150 см^3 розчину, щоб рН дорівнювало 5?
58. Наважку хлориду амонію 0,1 г розчинили в 250 см^3 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 підтвердіть розрахунками.

3. РІВНОВАГА В СИСТЕМАХ ОСАД - РОЗЧИН.

ДОБУТОК РОЗЧИННОСТІ (ДР)

В аналітичній практиці дуже широко використовують процеси утворення і розчинення осадів. Розчинність різних речовин в одному і тому ж розчиннику або однієї речовини в різних розчинниках може коливатися у дуже широких межах. Кількісно розчинність визначають вмістом речовини (концентрацією) у насиченому розчині, тобто такому, який характеризується динамічною рівновагою за умови сталої температури:

нерозчинена речовина (осад) \leftrightarrow речовина у розчині.

Всі солі, в тому числі і малорозчинні, відносяться до сильних електролітів. Через це при осадженні чи розчиненні малорозчинної солі у водному розчині в рівновазі з осадом знаходяться тільки йони солі. Рівняння динамічної рівноваги має вигляд



В стані рівноваги за умови сталої температури за одиницю часу в розчин переходить така кількість сполуки, яка за цей же час з розчину випадає в осад. Ця динамічна гетерогенна рівновага описується правилом добутку розчинності.

В насиченому розчині при сталій температурі добуток активностей йонів малорозчинного електроліту є сталою величиною і називається добутком розчинності (ДР).

$$ДР = \alpha_{Me^{+}} \cdot \alpha_{A^{-}} \quad \text{або} \quad (3.1)$$

$$ДР = [Me^{+}] \cdot [A^{-}] \cdot \gamma_{Me^{+}} \cdot \gamma_{A^{-}}, \quad (3.2)$$

де $[Me^{+}]$ і $[A^{-}]$ - відповідно концентрації катіонів і аніонів;

$\gamma_{Me^{+}}$ і $\gamma_{A^{-}}$ - коефіцієнти активностей катіонів і аніонів.

Оскільки розчинність малорозчинного електроліту у воді дуже мала, то й концентрація йонів у розчині буде малою, а йонна сила розчину буде близькою до нуля. Тому коефіцієнти активностей йонів в таких розчинах будуть дорівнювати одиниці або наблизатимуться до неї. Через це у виразах добутків

розчинності можна замість добутку активностей брати добуток концентрацій йонів:

$$DP = [Me^+] \cdot [A^-]. \quad (3.3)$$

Це значно спрощує розрахунки розчинності малорозчинних сполук.

Вираз добутку розчинності малорозчинної сполуки $Me_m A_n$, що дисоціює за рівнянням



матиме вигляд

$$DP = [Me^{n+}]^m \cdot [A^{m-}]^n. \quad (3.4)$$

Умови виділення та розчинення осаду електроліту:

- якщо $[Me^{n+}]^m \cdot [A^{m-}]^n > DP$, то розчин пересичений, осад випадає;
- якщо $[Me^{n+}]^m \cdot [A^{m-}]^n = DP$, то розчин насичений, система знаходиться у стані рівноваги;
- якщо $[Me^{n+}]^m \cdot [A^{m-}]^n < DP$, то розчин ненасичений, осад розчиняється.

Осадження вважається повним, якщо концентрація йонів в розчині не перевищує 10^{-6} моль/л або 10^{-4} г/л (межа чутливості аналітичних терезів).

Величина добутку розчинності використовується не тільки при вирішенні різних питань, пов'язаних з осадженням йонів у вигляді малорозчинних сполук, але і при визначенні умов переведення малорозчинних осадів у розчин. Важливою характеристикою малорозчинних сполук є їх розчинність в різних розчинниках.

Для бінарної малорозчинної сполуки MeA розчинність розраховується за рівнянням

$$P_{MeA} = \sqrt{DP_{MeA}}, \quad (3.5)$$

для малорозчинних сполук типу $Me_m A_n$

$$P_{Me_m A_n} = \sqrt[m+n]{\frac{DP_{Me_m A_n}}{m^m \cdot n^n}}. \quad (3.6)$$

Для розчинення осаду треба зменшити концентрацію хоча б одного з йонів, що входить до складу малорозчинної сполуки. Це можливо внаслідок:

утворення слабкого електроліту; утворення стійких комплексних йонів; зв'язування йонів у летку сполуку; зміни ступеня окиснення.

3.1. Розв'язування типових задач

Задача 1. Визначте кількість грамів йонів Ba^{2+} в 1л насиченого розчину Барій ортофосфату. Розрахуйте, як зміниться концентрація йонів Ba^{2+} , якщо в 1л цього розчину розчинити 16,4 г Натрій ортофосфату? $DP_{Ba_3(PO_4)_2} = 6,03 \cdot 10^{-39}$.

Розв'язування. $Ba_3(PO_4)_2$ – це малорозчинна сполука, яка дисоціює за рівнянням

$$Ba_3(PO_4)_2 \Leftrightarrow 3Ba^{2+} + 2PO_4^{3-}.$$

Оскільки з однієї молекули солі $Ba_3(PO_4)_2$ утворюються 3 йони Ba^{2+} і 2 йони PO_4^{3-} , то прийнявши концентрацію солі в розчині за X , одержимо $[Ba^{2+}] = 3X$ і $[PO_4^{3-}] = 2X$. Тоді

$$DP_{Ba_3(PO_4)_2} = [Ba^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 = (3X)^3 \cdot (2X)^2.$$

Розрахуємо розчинність цієї сполуки за рівнянням (3.6)

$$P_{Ba_3(PO_4)_2} = m+n \sqrt[m \cdot n^n]{\frac{DP_{Me_m A_n}}{m^m \cdot n^n}} = 3+2 \sqrt[3 \cdot 2]{\frac{6,03 \cdot 10^{-39}}{3^3 \cdot 2^2}} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

Концентрація йонів Ba^{2+} у розчині дорівнює

$$[Ba^{2+}] = 3X = 3 \cdot 8 \cdot 10^{-9} = 24 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л,}$$

$$\text{а в г/л } [Ba^{2+}] = A_{Ba} \cdot [Ba^{2+}] = 137 \cdot 24 \cdot 10^{-9} = 3,29 \cdot 10^{-6} \text{ г/л.}$$

При введенні в розчин солі Na_3PO_4 можна прийняти, що загальна концентрація йонів PO_4^{3-} в розчині буде дорівнювати концентрації цієї солі. Концентрацією йонів PO_4^{3-} , що утворюються при розчиненні $Ba_3(PO_4)_2$, можна знехтувати, оскільки розчинність цієї сполуки дуже мала.

Визначимо молярну концентрацію солі Na_3PO_4 :

$$M_{Na_3PO_4} = 164 \text{ г/моль}; \quad C_M = \frac{16,4}{164} = 0,1 \text{ моль/л}; \quad [PO_4^{3-}] = C_M = 0,1 \text{ моль/л.}$$

Вираз добутку розчинності $Ba_3(PO_4)_2$ після додавання у розчин солі Na_3PO_4 матиме вигляд

$$DP_{Ba_3(PO_4)_2} = [Ba^{2+}]^3 \cdot 0,1^2.$$

Звідси
$$[Ba^{2+}] = \sqrt[3]{\frac{DP_{Ba_3(PO_4)_2}}{0,1^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,03 \cdot 10^{-39}}{10^{-2}}} = 8,45 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л.}$$

Концентрація йонів Ba^{2+} після додавання до 1 л розчину 16,4 г Na_3PO_4 зменшилась у

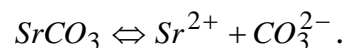
$$\frac{24 \cdot 10^{-9}}{8,45 \cdot 10^{-13}} = 2,84 \cdot 10^4 \text{ разів.}$$

Задача 2. Визначте добуток розчинності Стронцій карбонату, якщо його розчинність при 25°C дорівнює 0,001554 г/л. $M_{SrCO_3} = 148$ г/моль.

Розв'язування. Визначимо розчинність $SrCO_3$ в моль/л

$$P_{SrCO_3} = \frac{0,001554}{148} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Стронцій карбонату дисоціює за схемою



Виходячи з рівняння дисоціації, одержуємо формулу добутку розчинності

$$DP = [Sr^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = (1,05 \cdot 10^{-5})^2 = 1,1 \cdot 10^{-10}.$$

Задача 3. Розрахуйте величини рН, при яких починається і закінчується осадження кобальт гідроксиду з 0,1М розчину Кобальт сульфату.

$$DP_{Co(OH)_2} = 2,0 \cdot 10^{-15}.$$

Розв'язування. У розчині $Co(OH)_2$ дисоціює за схемою



Тоді добуток розчинності становитиме

$$DP_{Co(OH)_2} = [Co^{2+}] \cdot [OH^-]^2.$$

Оскільки $CoSO_4$ - сильний електроліт і при дисоціації однієї молекули солі $CoSO_4$ утворюється один йон Co^{2+} , то $[Co^{2+}] = C_{коли} = 0,1$ моль/л, а

$$DP_{Co(OH)_2} = 0,1 \cdot [OH^-]^2.$$

Звідси

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{DP_{Co(OH)_2}}{0,1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-15}}{10^{-1}}} = 1,41 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л.}$$

Виходячи з йонного добутку води, маємо

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{1,41 \cdot 10^{-8}} = 7,1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Водневий показник розчину на початку осадження $Co(OH)_2$ буде дорівнювати

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 7,1 \cdot 10^{-7} = 6,15.$$

В кінці осадження концентрація йонів Co^{2+} повинна дорівнювати 10^{-6} моль/л.

Тоді

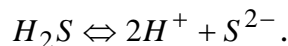
$$[OH^-] = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-15}}{10^{-6}}} = 4,47 \cdot 10^{-5},$$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{447 \cdot 10^{-5}} = 2,24 \cdot 10^{-10},$$

$$\text{а } pH = -\lg[H^+] = -\lg 2,24 \cdot 10^{-10} = 9,65.$$

Задача 4. Визначте, чи випаде осад Нікель сульфідом з 0,1М розчину Нікель сульфату, що містить 0,2М етанової кислоти, при насиченні розчину дигідроген сульфідом за кімнатної температури? $DP_{NiS} = 3,2 \cdot 10^{-19}$; $K_{Д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$; $C_{нас, H_2S} = 0,1M$; $K_{Д, HAc} = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

Розв'язування. Дигідроген сульфідом – слабка кислота, яка дисоціює за схемою



Звідси

$$K_{Д, H_2S} = \frac{[H^+]^2 \cdot [S^{2-}]}{[H_2S]},$$

$$\text{а } [S^{2-}] = \frac{K_{Д, H_2S} \cdot [H_2S]}{[H^+]^2}.$$

Концентрацію йонів гідрогену в розчині слабкої етанової кислоти розрахуємо за рівнянням (2.17)

$$[H^+] = \sqrt{K_{Д, HAc} \cdot C_{HAc}} = \sqrt{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-1}} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Тоді

$$[S^{2-}] = \frac{1,2 \cdot 10^{-20} \cdot 10^{-1}}{(1,87 \cdot 10^{-3})^2} = 3,4 \cdot 10^{-16} \text{ моль/л.}$$

Оскільки $NiSO_4$ - сильний електроліт, то $[Ni^{2+}] = C_{coni} = 0,1$ моль/л.

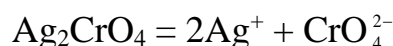
Осадок малорозчинної сполуки буде випадати за умови, якщо $[Ni^{2+}] \cdot [S^{2-}] > DP_{NiS}$.

$$[Ni^{2+}] \cdot [S^{2-}] = 10^{-1} \cdot 3,4 \cdot 10^{-16} = 3,4 \cdot 10^{-17} > 3,2 \cdot 10^{-19}.$$

Отже, за цих умов осад NiS буде випадати.

Задача 5. Добуток розчинності Аргентум хромату Ag_2CrO_4 дорівнює $1,1 \cdot 10^{-12}$. Обчисліть розчинність цієї солі в моль/л та г/л.

Розв'язання: Записують рівняння електролітичної дисоціації Аргентум хромату:



та вираз його добутку розчинності: $DP_{Ag_2CrO_4} = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]$

Позначають розчинність Ag_2CrO_4 через S моль/л хромат-іонів та $2S$ моль/л катіонів срібла. Ці значення концентрації іонів підставляють у вираз добутку розчинності Ag_2CrO_4 : $DP(Ag_2CrO_4) = (2S)^2 \cdot S = 4S^3$

Обчислюють розчинність солі в моль/л:

$$S = \sqrt[3]{\frac{ДД}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Оскільки рівноважна концентрація хромат-іонів у розчині чисельно дорівнює розчинності Аргентум хромату, то розчинність Ag_2CrO_4 дорівнює $6,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Перемножуючи розчинність солі на її молярну масу, обчислюють розчинність хромату срібла в г/л:

$$(Ag_2CrO_4) = 6,5 \cdot 10^{-5} \cdot 331,8 = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ г/л.}$$

3.2. Задачі для самостійної роботи

1. Визначте розчинність ферум (III) гідроксиду і концентрацію йонів Fe^{3+} (г/л) в насиченому розчині. $DP_{Fe(OH)_3} = 3,2 \cdot 10^{-38}$.

2. Визначте добуток розчинності Кальцій карбонату, якщо його розчинність дорівнює 0,00069 г/л при 25°C.

3. Розчинність Кальцій карбонату при 25°C дорівнює 0,00069 г/л. Визначте, у скільки разів зменшиться розчинність Кальцій карбонату, якщо до 0,5 л цього розчину додати 10,6 г Na_2CO_3 ? $DP_{CaCO_3} = 4,8 \cdot 10^{-9}$.

4. Визначте, чи буде випадати осад Плюмбум (II) хлориду при змішуванні 0,05н розчину Плюмбум (II) нітрату з рівним об'ємом 0,05 н розчину гідроген хлориду? $DP_{PbCl_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$.

5. Обчисліть, чи буде утворюватись осад Стронцій сульфату при змішуванні рівних об'ємів 0,001М розчинів $SrCl_2$ і K_2SO_4 ? $DP_{SrSO_4} = 3,2 \cdot 10^{-7}$.

6. Визначте, чи буде випадати осад Барій сульфату при змішуванні рівних об'ємів 0,001М розчинів $BaCl_2$ і K_2SO_4 ? $DP_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

7. Концентрація йонів S^{2-} у водному розчині дигідроген сульфіді дорівнює $1,2 \cdot 10^{-13}$ моль/л. Визначте, чи буде випадати осад Плюмбум сульфіді в насиченому розчині Плюмбум (II) хлориду? $DP_{PbCl_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$; $DP_{PbS} = 2,5 \cdot 10^{-27}$.

8. Розрахуйте, чи буде випадати осад Плюмбум сульфату, якщо змішати рівні об'єми 10^{-4} М розчину $Pb(NO_3)_2$ і 10^{-3} М розчину $Fe_2(SO_4)_3$? $DP_{PbSO_4} = 1,6 \cdot 10^{-8}$.

9. Обчисліть величини рН, при яких починається і закінчується осадження алюміній (III) гідроксиду, якщо $DP_{Al(OH)_3} = 1 \cdot 10^{-32}$, а початкова концентрація йонів Al^{3+} в розчині – 0,1 моль/л.

10. Визначте кількість грамів йонів Au^{3+} в насиченому розчині $Au(OH)_3$. $DP_{Au(OH)_3} = 10^{-53}$.

11. Розрахуйте кількість грамів йонів Ca^{2+} в насиченому розчині Кальцій ортоарсенату. $DP_{Ca_3(AsO_4)_2} = 6,8 \cdot 10^{-19}$.

12. Визначте кількість грамів йонів Fe^{3+} в насиченому розчині берлінської блакиті. $DP_{Fe_4[Fe(CN)_6]_3} = 3 \cdot 10^{-41}$.

13. Обчисліть величини рН, при яких починається і закінчується осадження Кадмій сульфіді з 0,01 М розчину Кадмій сульфату при насиченні водного розчину H_2S з концентрацією 0,1 М. $DP_{CdS} = 7,9 \cdot 10^{-27}$. $K_{д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$.

14. Розрахуйте величини рН, при яких починається і закінчується осадження Манган сульфіді з 0,001 М розчину Манган (II) хлориду при насиченні водного розчину H_2S з концентрацією 0,1 М. $DP_{MnS} = 2,5 \cdot 10^{-13}$. $K_{д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$.

15. Визначте величини рН, при яких починається і закінчується осадження ферум (II) гідроксиду і ферум (III) гідроксиду з 0,1М розчинів відповідних солей. Поясніть різницю в кислотності розчинів. $DP_{Fe(OH)_2} = 1 \cdot 10^{-15}$;

$$DP_{Fe(OH)_3} = 3,2 \cdot 10^{-38}.$$

16. Обчисліть величину рН, при який починається осадження хром (II) гідроксиду і хром (III) гідроксиду з 0,1М розчинів відповідних солей. Поясніть, якому ступеню окиснення хрому надають перевагу при його відділенні шляхом осадження розчином амоніаку? $DP_{Cr(OH)_2} = 1 \cdot 10^{-17}$ $DP_{Cr(OH)_3} = 6,3 \cdot 10^{-31}$.

17. Розрахуйте добуток розчинності Барій пірофосфату, якщо в 100 мл розчину міститься $88,47 \cdot 10^{-4} \text{г } Ba_2P_2O_7$.

18. Визначте, чи випаде осад $MgNH_4PO_4$, якщо змішати рівні об'єми 0,01 М розчинів $MgCl_2$, NH_4OH і Na_2HPO_4 . $DP_{MgNH_4PO_4} = 2,5 \cdot 10^{-13}$;

$$K_{Д, NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}; K_{Д, HPO_4^{2-}} = 4,4 \cdot 10^{-13}.$$

19. Розчин містить 0,16 г бром-іону. Визначте кількість мл 10^{-2} М розчину Плюмбум (II) нітрату, яка потрібна для осадження $PbBr_2$. $DP_{PbBr_2} = 1,9 \cdot 10^{-6}$.

20. Визначте, чи буде досягнуте повне осадження Кобальт сульфїду, якщо пропускати дигідроген сульфїду до насичення через 0,01 М розчин Кобальт (II) хлориду при рН=7? $DP_{CoS} = 4 \cdot 10^{-21}$; $K_{Д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$; $C_{нас, H_2S} = 0,1M$.

21. Чи можна вважати розчин Аргентум ортофосфату насиченим, якщо концентрація йонів Ag^+ в цьому розчині дорівнює $9,6 \cdot 10^{-6}$ моль/л?

$$DP_{Ag_3PO_4} = 1,3 \cdot 10^{-20}.$$

22. Розрахуйте, чи буде утворюватись осад магній (II) гідроксиду з 0,02 М розчину Магній (II) хлориду у присутності 0,02 М розчину Амоній хлориду?

$$DP_{Mg(OH)_2} = 6 \cdot 10^{-10}.$$

23. Визначте концентрацію хромат-іонів на початку осадження Плюмбум хромату з 0,01 М розчину Плюмбум (II) нітрату. $DP_{PbCrO_4} = 1,8 \cdot 10^{-14}$.

24. Чи можливе осадження Цинк сульфїду з розчину, що мїстить 0,04 моль/л Цинк сульфату і 0,4 моль/л Амонїй хлориду, насиченого H_2S ? $DP_{ZnS} = 1,6 \cdot 10^{-24}$; $K_{Д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$; $C_{нас, H_2S} = 0,1M$.
25. Визначте концентрацію амонїй гїдроксиду, при якїй починається утворення осаду ферум (III) гїдроксиду з 0,001M розчину Ферум (III) хлориду. $DP_{Fe(OH)_3} = 3,2 \cdot 10^{-38}$; $K_{Д, NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
26. Визначте концентрацію йонів Pb^{2+} : а) в насиченому розчинї Плюмбум хромату; б) в насиченому розчинї Плюмбум хромату в присутностї 0,01M розчину Na_2CrO_4 ; в) в насиченому розчинї Плюмбум хромату в присутностї 0,01 M розчину $Pb(NO_3)_2$. $DP_{PbCrO_4} = 1,8 \cdot 10^{-14}$.
27. Розрахуйте, чи буде утворюватись осад Манган сульфїду при насиченнї гїдроген сульфїдом розчину, що мїстить 0,01M $MnSO_4$, 0,1M NH_4Cl і 0,01M NH_4OH ? $DP_{MnS} = 2,5 \cdot 10^{-10}$; $K_{Д, NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$; $K_{Д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$; $C_{нас, H_2S} = 0,1M$.
28. Визначте рН розчину, при якому з 0,01M Ферум (II) сульфату не буде випадати осад Ферум (II) сульфїду при насиченнї цього розчину дигїдроген сульфїдом. $DP_{FeS} = 5 \cdot 10^{-18}$; $K_{Д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$; $C_{нас, H_2S} = 0,1M$.
29. Визначте добуток розчинностї Плюмбум (II) йодиду, якщо для розчинення 1,16 г цієї солї потрібно 2л води.
30. Визначте залишковий вміст йонів Ag^+ (г/л) при насиченнї розчину гїдроген сульфїдом при рН=1. $K_{Д, H_2S} = 1,2 \cdot 10^{-20}$; $C_{нас, H_2S} = 0,1M$; $DP_{Ag_2S} = 6,3 \cdot 10^{-50}$.
31. Порівняйте розчинність осадів $AgCl$ та Ag_3PO_4 .
32. Яка маса плюмбум сульфату втрачається під час промивання осаду $PbSO_4$ 100 см³ дистильованої води?
33. Чи утвориться осад, якщо змїшати однаковї об'єми 0,01 M розчину $Pb(NO_3)_2$ і 0,01 M розчину HCl ?
34. Обчислити розчинність осаду CaC_2O_4 у водї та у $1,0 \cdot 10^{-4}$ M розчинї $(NH_4)_2C_2O_4$.

35. Які з перелічених реагентів: Na_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ чи Na_2CrO_4 найповніше осаджують йони кальцію із розчину CaCl_2 ?
36. Обчислити масову концентрацію катіона (г/дм³) у насиченому розчині кальцій фосфату, якщо $DP(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 2 \cdot 10^{-29}$.
37. Які з перелічених реагентів: KSCN , Na_2S чи KCN найповніше осаджують йони срібла із розчину AgNO_3 .
38. Який осад випаде першим, якщо до розчину, що містить по 0,05 М $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ та CrO_4^{2-} , додати невелику кількість Ba^{2+} ?
39. Розчинність Плюмбум сульфату у воді $3,9 \cdot 10^{-2}$ г/дм³. Обчисліть DP цієї солі.
40. В 500 см³ розчину міститься 0,1078 г аргентум хромату. Обчисліть добуток розчинності Ag_2CrO_4 .
41. Обчисліть добуток розчинності солі MgNH_4PO_4 якщо в 300 см³ насиченого розчину MgNH_4PO_4 міститься $2,58 \cdot 10^{-3}$ г цієї сполуки.
42. Обчисліть розчинність Плюмбум йодиду у воді, якщо $DP(\text{PbI}_2) = 1,1 \cdot 10^{-9}$.
43. Визначити масу срібла у 10 см³ насиченого розчину солі Ag_3PO_4 .
44. Обчислити масову концентрацію катіону у насиченому розчині $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (г/дм³).
45. При якій концентрації Mg^{2+} почне випадати осад $\text{Mg}(\text{OH})_2$ з розчину з $\text{pH} = 10,2$?
46. Яке значення pH має насичений розчин $\text{Cd}(\text{OH})_2$?
47. Якою є концентрація іонів Кобальту в розчині $\text{Co}(\text{OH})_2$, якщо pH розчину має значення 9,7?
48. Визначте, чи буде випадати осад Барій сульфату при змішуванні рівних об'ємів 0,002 М розчинів BaCl_2 і K_2SO_4 ? $DP_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$.
49. Розрахуйте, чи буде випадати осад Плюмбум сульфату, якщо змішати рівні об'єми 10^{-5} М розчину $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ і 10^{-4} М розчину $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$? $DP_{\text{PbSO}_4} = 1,6 \cdot 10^{-8}$.
50. Порівняйте розчинність осадів BaCO_3 та CaCO_3 .
 $DP_{\text{BaCO}_3} = 4,0 \cdot 10^{-10}$ $DP_{\text{CaCO}_3} = 3,8 \cdot 10^{-9}$

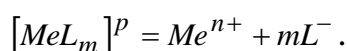
4. РЕАКЦІЇ КОМПЛЕКСОУТВОРЮВАННЯ І ОКИСНЕННЯ-ВІДНОВЛЕННЯ В ХІМІЧНОМУ АНАЛІЗІ.

Комплексні сполуки широко використовують як в якісному, так і в кількісному аналізі речовин. Найчастіше їх застосовують у гравіметричному, титриметричному, спектрофотометричному аналізі, при маскуванні сторонніх йонів та розчиненні осадів.

4.1. Окисно-відновний потенціал. Рівняння Нерста

В молекулі комплексної сполуки центральне положення займає позитивно заряджений йон, який називається комплексоутворювачем. З ним зв'язані йони або молекули, які називають лігандами. Разом з центральним йоном ліганди утворюють внутрішню сферу комплексної сполуки, яку при написанні беруть у квадратні дужки. Йони, що розміщуються за внутрішньою сферою утворюють зовнішню сферу комплексної сполуки.

У водних розчинах комплексні сполуки дисоціюють за типом сильного електроліту на прості та комплексні йони. В свою чергу комплексні йони у водному розчині дисоціюють як слабкі електроліти.



Міцність комплексних йонів характеризується константами нестійкості комплексу.

$$K_H = \frac{[Me^{n+}] \cdot [L^-]^m}{[MeL_m]^p}, \quad (4.1)$$

де $[Me^{n+}]$ - рівноважна концентрація йонів комплексоутворювача;

$[L^-]$ - рівноважна концентрація йонів ліганду в ступені, що дорівнює координаційному числу – m; $[MeL_m]^p$ - рівноважна концентрація комплексного йона в розчині; p – заряд комплексного йона.

Комплексний йон тим стійкіший, чим менша його константа нестійкості. Величини констант нестійкості залежать від природи комплексу і температури.

Реакції окиснення – відновлення також мають велике значення у хімічному аналізі. До них відносяться реакції, в яких відбувається перехід електронів від йонів або атомів одних речовин до інших.

Кількісною характеристикою реакцій окиснення – відновлення є окисно-відновний потенціал. На електродний потенціал окисно – відновної системи впливають активності (концентрації) окисної і відновної форми, температура і, в багатьох випадках, рН середовища. Залежність електродного потенціалу (φ) від цих факторів виражає рівняння Нернста

$$\varphi = \varphi^o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ок.}}{a_{відн.}} \quad (4.2)$$

де φ^o – стандартний окисно – відновний потенціал даної системи, В; F – стала Фарадея (96484 Кл/моль); R – універсальна газова стала (8,31 Дж/моль·К); n – кількість електронів, що беруть участь в електродному процесі; $a_{ок.}$ і $a_{відн.}$ - активності окисної і відновної форм системи. T – абсолютна температура, К;

Якщо в рівнянні Нернста замість буквених позначень внести їх числові значення, взяти температуру 298К, замінити натуральний логарифм десятковим, то одержимо рівняння Нернста, зручне для розрахунків потенціалу окисно – відновної системи

$$\varphi = \varphi^o + \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{ок.}}{a_{відн.}} \quad (4.3)$$

Для розбавлених розчинів активність окисної та відновної форм можна замінити їх рівноважними концентраціями. Тоді рівняння Нернста матиме вигляд

$$\varphi = \varphi^o + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{ок.}}{C_{відн.}} \quad (4.4)$$

Для металевих редокс – систем $Me^{n+} + n\bar{e} = Me^o$ розрахункова формула виглядає наступним чином

$$\varphi = \varphi^o + \frac{0,059}{n} \lg a_{Me^{n+}} \quad \text{або} \quad \varphi = \varphi^o + \frac{0,059}{n} \lg [Me^{n+}] \quad (4.5)$$

У випадках, коли оксигенвміщуюча окисна форма переходить у відновну за участю йонів гідрогену, треба при розрахунках потенціалу враховувати рН середовища

$$\varphi = \varphi^o + \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{ок.} \cdot a_{H^+}^m}{a_{відн.}} \quad \text{або} \quad \varphi = \varphi^o + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{ок.} \cdot C_{H^+}^m}{C_{відн.}}, \quad (4.6)$$

де $a_{ок.}$, $a_{відн.}$, $C_{ок.}$, $C_{відн.}$ - відповідно активності і концентрації окисної та відновної форм системи; a_{H^+} , C_{H^+} , - відповідно активність і концентрація йонів гідрогену в розчині, m – число йонів гідрогену, що приймають участь у реакції.

Потенціал водневого електрода визначається за рівнянням

$$\varphi_{2H^+/H_2} = 0,059 \lg a_{H^+} = -0,059 p a_{H^+} \quad \text{або} \quad \varphi_{2H^+/H_2} = 0,059 \lg [H^+] = -0,059 pH, \quad (4.7)$$

де a_{H^+} , $[H^+]$ - відповідно активність і концентрація йонів гідрогену в розчині; $p a_{H^+}$, pH - відповідно показник активності йонів гідрогену і водневий показник.

Електрорушійну силу гальванічного елемента можна обчислити за формулою

$$E = \varphi_K - \varphi_A, \quad (4.8)$$

де φ_K і φ_A - відповідно потенціал катода і анода, В.

Електрорушійну силу концентраційного елемента, що складається з двох однакових електродів, занурених у розчини одного і того самого електроліту різної концентрації, можна визначити за рівнянням

$$E = \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_1}{a_2}, \quad (4.9)$$

де a_1 і a_2 - активності йонів металу в розчинах за умови, що $a_1 > a_2$.

Константу рівноваги окисно – відновної реакції розраховують за рівнянням

$$\lg K_{рівн.} = \frac{n(\varphi_{ок.}^o - \varphi_{відн.}^o)}{0,059}, \quad (4.10)$$

де $\varphi_{ок.}^o$, $\varphi_{відн.}^o$ - стандартні потенціали окисника і відновника, В;

n – кількість електронів, що приймає участь в окисно – відновній реакції.

4.2. Розв'язування типових задач

Задача 1. Визначте, як зміниться концентрація йонів Co^{2+} в 0,1М розчині $[Co(NH_3)_4]Cl_2$, якщо до нього додати 1М розчин амоніаку. $K_H = 8,5 \cdot 10^{-6}$.

Розв'язування. Дисоціація комплексної сполуки $[Co(NH_3)_4]Cl_2$ відбувається за схемою



Константа нестійкості комплексного йону має вигляд

$$K_H = \frac{[Co^{2+}] \cdot [NH_3]^4}{[[Co(NH_3)_4]^{2+}]}$$

Якщо прийняти, що дисоціює x комплексних йонів $[Co(NH_3)_4]^{2+}$, то при цьому утворюється x йонів Co^{2+} і $4x$ NH_3 . Оскільки ступінь дисоціації комплексу мала, то можна вважати, що $[[Co(NH_3)_4]^{2+}] = 0,1$ моль/л.

Тоді
$$K_H = \frac{x \cdot (4x)^4}{0,1} .$$

Звідси

$$x = [Co^{2+}] = \sqrt[5]{\frac{K_H \cdot 0,1}{4^4}} = \sqrt[5]{\frac{8,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1}{256}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Якщо до розчину комплексної сполуки додати 1М розчин NH_3 , то

$$K_H = \frac{[Co^{2+}] \cdot 1^4}{10^{-1}}, \text{ а } [Co^{2+}] = \frac{K_H \cdot 10^{-1}}{1^4} = \frac{8,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-1}}{1} = 8,5 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Після додавання до розчину комплексної сполуки 1 М розчину NH_3 , дисоціація комплексного йону знизилась. Концентрація йонів Co^{2+} зменшилась у $\frac{2 \cdot 10^{-2}}{8,5 \cdot 10^{-7}} = 23530$ разів.

Задача 2. Визначте константу рівноваги і напрямок реакції $Hg_2(NO_3)_2 + 2Fe(NO_3)_2 \Leftrightarrow 2Hg + 2Fe(NO_3)_3$.

Розв'язування. В реакції приймають участь дві електрохімічні системи:

$$\text{Hg}_2^{2+} + 2\bar{e} = \text{Hg}, \varphi_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}^o = 0,79\text{В},$$

$$\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \bar{e}, \varphi_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^o = 0,77\text{В}.$$

Константу рівноваги окисно – відновної реакції розрахуємо за рівнянням

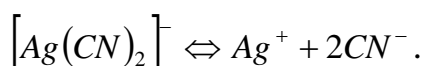
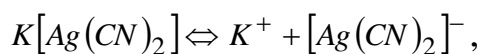
$$(4.10) \lg K_{\text{рівн.}} = \frac{(\varphi_{\text{ок.}}^o - \varphi_{\text{відн.}}^o) \cdot n}{0,059} = \frac{(0,79 - 0,77) \cdot 2}{0,059} = 0,678.$$

$$\text{Звідси } K_{\text{рівн.}} = 10^{0,678} = 4,76.$$

Оскільки константа рівноваги незначно відрізняється від одиниці, то система знаходиться близько до рівноважного стану, злегка зсунутого в бік продуктів реакції.

Задача 3. Визначте, чи буде утворюватись осад Аргентум йодиду, якщо до 0,1 М розчину $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ додати 16,6 г KI ? $K_H = 1 \cdot 10^{-21}$; $DP_{\text{AgI}} = 8,3 \cdot 10^{-17}$.

Розв'язування. Комплексна сполука дисоціює за схемою



Константа нестійкості комплексного йону має вигляд

$$K_H = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{CN}^-]^2}{[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-]}.$$

Якщо дисоціює x комплексних йонів $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, то утворюється x йонів Ag^+ і $2x$ йонів CN^- . Оскільки ступінь дисоціації комплексу мала, то можна вважати, що концентрація йонів $[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] = 0,1$ моль/л. Тоді

$$K_H = \frac{x \cdot (2x)^2}{0,1}.$$

$$\text{Звідси } x = [\text{Ag}^+] = \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot 0,1}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 10^{-21} \cdot 10^{-1}}{4}} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л.}$$

Розрахуємо кількість молей доданої солі KI

$$n_{\text{KI}} = \frac{m_{\text{KI}}}{M_{\text{KI}}} = \frac{16,6}{166} = 0,1 \text{ моль}.$$

Оскільки KJ - сильний електроліт, то $[J^-] = [KJ] = 0,1$ моль. Осад AgJ буде випадати, якщо $[Ag^+] \cdot [J^-] > DP_{AgJ}$.

$$[Ag^+] \cdot [J^-] = 2,9 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1 = 2,9 \cdot 10^{-9} > 8,7 \cdot 10^{-17}.$$

Так як знайдена величина більша за добуток розчинності AgJ , то осад утворюється.

Задача 4. Визначте потенціал окисно-відновної пари Ag^+ / Ag в насиченому розчині Аргентум йодиду, а також після додавання в розчин 3,32 г/л Калій йодиду. Поясніть причини зміни потенціалу. $DP_{AgJ} = 8,3 \cdot 10^{-17}$; $\varphi_{Ag^+/Ag}^o = 0,799V$.

Розв'язування. Потенціал срібного електрода зануреного у насичений розчин Аргентум йодиду розрахуємо за рівнянням Нернста (4.5)

$$\varphi_{Ag^+/Ag} = \varphi_{Ag^+/Ag}^o + 0,059 \lg [Ag^+].$$

Концентрацію йонів Ag^+ у розчині розрахуємо, виходячи з добутку розчинності AgJ .

$$DP_{AgJ} = [Ag^+] \cdot [J^-].$$

$AgJ = Ag^+ + J^-$, оскільки $[Ag^+] = [J^-]$, то

$$[Ag^+] = \sqrt{DP_{AgJ}} = \sqrt{8,3 \cdot 10^{-17}} = 9,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

Тоді

$$\varphi_{Ag^+/Ag} = 0,799 + 0,059 \lg 9,1 \cdot 10^{-9} = 0,325V.$$

Після додавання у розчин солі KJ концентрація йонів J^- буде дорівнювати концентрації розчиненої солі з однойменним аніоном, що становитиме

$$n_{KJ} = \frac{m_{KJ}}{M_{KJ}} = \frac{3,32}{166} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

З добутку розчинності AgJ знайдемо концентрацію йонів Ag^+

$$[Ag^+] = \frac{DP_{AgJ}}{[J^-]} = \frac{8,3 \cdot 10^{-17}}{2 \cdot 10^{-2}} = 4,15 \cdot 10^{-15} \text{ моль/л.}$$

Тоді

$$\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,799 + 0,059 \lg 4,15 \cdot 10^{-15} = -0,0495 \text{ В.}$$

Потенціал електрода різко зменшується, переходячи в негативну область, за рахунок зменшення ступеня дисоціації малорозчинної сполуки завдяки додаванню солі з однойменним йоном.

4.3. Задачі для самостійної роботи

1. Визначте концентрацію йонів Ni^{2+} в розчинах: а) $0,1\text{M NiCl}_2$; б) $0,1\text{M} [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$; в) $0,1\text{M} [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ в присутності 1M розчину NH_3 . $K_H = 6 \cdot 10^{-9}$.

2. Константа нестійкості йонів $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ складає $1 \cdot 10^{-21}$. Визначте концентрацію йонів Ag^+ в 10^{-2}M розчині $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, а також після додавання до цього розчину 10^{-2}M KCN . Пояснить різницю.

3. Розрахуйте константу нестійкості йонів $[\text{Au}(\text{NH}_3)_4]^{3+}$, якщо електрорушійна сила гальванічного елемента $\text{Au} / [\text{Au}(\text{NH}_3)_4]^{3+} 0,1\text{M} // 0,1\text{M AuCl}_3 / \text{Au}$ дорівнює $0,067\text{В}$.

4. Обчисліть концентрацію іонів Cd^{2+} в 10^{-2}M розчині $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$ в присутності $6,5 \text{ г/л KCN}$. $K_H = 1,4 \cdot 10^{-17}$.

5. Мідний електрод занурений в $0,1\text{M}$ розчини: а) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$; б) $\text{K}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$; в) $\text{Na}[\text{CuCl}_2]$. Константи нестійкості цих комплексних сполук відповідно дорівнюють $1,38 \cdot 10^{-11}$, $1 \cdot 10^{-24}$, $4,47 \cdot 10^{-6}$. Визначте потенціал електрода в кожному розчині. $\varphi_{\text{Cu}^+/\text{Cu}}^0 = 0,521\text{В}$.

6. Визначте, чи буде утворюватись осад Аргентум хлориду, якщо до $0,1\text{M}$ розчину $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ додати $0,1$ моль хлорид-іону? $DP_{\text{AgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10}$, $K_H = 6,8 \cdot 10^{-8}$.

7. Визначте, чи буде випадати осад $AgBr$, якщо до $0,1M$ розчину $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, який вміщує $0,1$ моль/л NH_3 , додати $0,01$ моль/л KBr . $K_H = 6,8 \cdot 10^{-8}$; $DP_{AgBr} = 5,3 \cdot 10^{-13}$.

8. Визначте, чи випадє осад Аргентум броміду, якщо до $0,01M$ розчину $[Ag(CN)_2]^-$ додати $0,1M$ KBr ? $DP_{AgBr} = 5,3 \cdot 10^{-13}$, $K_H = 1 \cdot 10^{-21}$.

9. Скільки молей аміаку повинен вміщувати 1л $0,1M$ розчину $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, щоб при додаванні до цього розчину $0,745g$ KCl не утворювався осад $AgCl$? $DP_{AgCl} = 1,78 \cdot 10^{-10}$, $K_H = 6,8 \cdot 10^{-8}$.

10. Розрахуйте масу йонів Co^{2+} , що вміщує 1л $0,1M$ розчину $[Co(NH_3)_6]Cl_2$. $K_H = 1,25 \cdot 10^{-5}$.

11. Розрахуйте константу рівноваги реакції $J_2 + HAsO_2 + 2H_2O \Leftrightarrow H_3AsO_4 + 2HI$ при $pH = 1$ і $pH = 9$ та визначте, в який бік зсунута рівновага цієї реакції. $\varphi_{AsO_4^{3-}/AsO_2^-}^0 = 0,56V$; $\varphi_{J_2/2J^-}^0 = 0,536V$.

12. Розрахуйте потенціал напівреакції $H_3AsO_4 + 2H^+ \Leftrightarrow HAsO_2 + 2H_2O$ при $pH = 1$, $[H_3AsO_4] = 10^{-2}$ моль/л; $[HAsO_2] = 10^{-1}$ моль/л. $\varphi_{AsO_4^{3-}/AsO_2^-}^0 = 0,56V$.

13. Розрахуйте потенціал напівреакції $AsO_4^{3-} + 2H_2O \Leftrightarrow AsO_2^- + 4OH^-$ при $pH = 9$, $[AsO_4^{3-}] = 10^{-2}$ моль/л; $[AsO_2^-] = 10^{-1}$ моль/л та визначте окисно-відновну здатність цієї системи. $\varphi_{AsO_4^{3-}/AsO_2^-}^0 = 0,56V$.

14. Напишіть йонно-електронне рівняння окисно-відновної пари MnO_4^- / Mn^{2+} та розрахуйте потенціал цієї пари при $pH = 1$, $[MnO_4^-] = 10^{-2}$ моль/л, $[Mn^{2+}] = 10^{-1}$ моль/л. Якими властивостями володіє дана система в окисно-відновних реакціях? $\varphi_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 = 1,51V$.

15. Складіть йонно-електронне рівняння окисно-відновної пари MnO_4^- / MnO_2 та визначте потенціал цієї пари при $pH = 7$; $[MnO_4^-] = 10^{-1}$ моль/л; $\varphi_{MnO_4^-/MnO_2}^0 = 0,6V$.

16. Складіть йонно-електронне рівняння окисно-відновної пари $CrO_4^{2-}/Cr(OH)_3$ та визначте потенціал цієї пари при $pH = 9$, $[CrO_4^{2-}] = 10^{-1}$ моль/л;

$$\varphi_{CrO_4^{2-}/Cr(OH)_3}^0 = -0,13V.$$

17. Визначте добуток розчинності Аргентум хлориду, якщо електрорушійна сила елемента $Pt, H_2 / H^+ (a = 10^{-1} M) // KCl, AgCl_{нас.} / Ag$ дорівнює $0,132V$.

$$\varphi_{AgCl/Ag}^0 = 0,224V.$$

18. Розрахуйте добуток розчинності Аргентум хлориду, якщо електрорушійна сила гальванічного елемента $Ag / AgCl_{нас.}, KCl // 0,1M, AgNO_3 / Ag$, рівна $0,223V$.

$$\varphi_{AgCl/Ag}^0 = 0,224V, \varphi_{Ag^+/Ag}^0 = 0,799V.$$

19. Електрорушійна сила гальванічного елемента $Ni / NiSO_4 // H_2SO_4 / H_2, Pt$, дорівнює $0,309V$. Визначте активність іонів Ni^{2+} , якщо концентрація іонів H^+ становить 1 моль/л. $\varphi_{Ni^{2+}/Ni}^0 = -0,23V$.

20. Визначте потенціал окисно-відновної пари MnO_4^- / Mn^{2+} при $pH = 7$, $a_{MnO_4^-} = 10^{-1}$ моль/л, $a_{Mn^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л, $\varphi_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 = 1,54V$.

21. Визначте кислотність середовища, якщо потенціал окисно-відновної пари MnO_4^- / Mn^{2+} при $a_{Mn^{2+}} = 10^{-1}$ моль/л; $a_{MnO_4^-} = 10^{-4}$ моль/л, дорівнює $0,778V$.

$$\varphi_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 = 1,54V.$$

22. Розрахуйте потенціал срібного електрода, зануреного в насичений розчин AgJ , що вміщує йодид-іони, активність яких дорівнює 1 моль/л. $\varphi_{Ag^+/Ag}^0 = 0,799V$,

$$DP_{AgJ} = 8,3 \cdot 10^{-17}.$$

23. Електрорушійна сила гальванічного елемента, що складається з платиного та насиченого каломельного електродів, занурених у розчин з йонами Fe^{2+} та

Fe^{3+} , дорівнює $0,558V$. Знайдіть співвідношення $\frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}}$. $\varphi_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^0 = 0,77V$,

$$\varphi_{кал.}^0 = 0,2438V.$$

24. Визначте, чи буде випадати осад Аргентум йодиду, якщо до 0,1M розчину $K[Ag(CN)_2]$ додати 16,6 г KJ ? $K_H = 1 \cdot 10^{-21}$, $DP_{AgJ} = 8,3 \cdot 10^{-17}$.

25. Розрахуйте електрорушійну силу і константу рівноваги реакції, що протікає в гальванічному елементі $Zn/Zn^{2+}(0,01M)//Sn^{2+}(0,01M)/Sn$. $\varphi^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,763V$, $\varphi^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0,140V$. Напишіть рівняння реакції.

26. Розрахуйте константу рівноваги реакцій, в яких спочатку необхідно підібрати коефіцієнти:

а) $Fe^{2+} + O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + H_2O$, $\varphi^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0,77V$, $\varphi^0_{O_2/H_2O} = 1,229V$;

б) $Mn^{2+} + S_2O_8^{2-} + H_2O \rightarrow MnO_4^- + SO_4^{2-} + H^+$, $\varphi^0_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = 1,54V$, $\varphi^0_{S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}} = 2,0V$.

27. Для реакції $J_2 + HAsO_2 + 2H_2O \Leftrightarrow H_3AsO_4 + 2J^- + 2H^+$ розрахуйте константу рівноваги при $pH = 2$ і $pH = 8$, прийнявши концентрації окисної та відновної форм однаковими. Вкажіть напрям реакції за даних умов.

$\varphi^0_{AsO_4^{3-}/AsO_2^-} = 0,56V$; $\varphi^0_{J_2/2J^-} = 0,536V$.

28. Для реакції $Br^- + BrO_3^- + 6H^+ \Leftrightarrow Br_2 + 3H_2O$ розрахуйте константу рівноваги при $pH = 1$ і $pH = 10$, прийнявши концентрації окисної та відновної форм однаковими. Вкажіть в який бік зсунута рівновага цієї реакції за даних умов?

$\varphi^0_{BrO_3^-/Br_2} = 1,52V$, $\varphi^0_{Br_2/2Br^-} = 1,087V$.

29. Розрахуйте потенціал водневого електрода, зануреного: а) в чисту воду; б) в розчин з $pH = 3,5$; в) в розчин з $pH = 11$.

30. Розрахуйте потенціал водневого електрода, зануреного: а) в 0,5M розчин етанової кислоти, $K_{Д, HAc} = 1,74 \cdot 10^{-5}$; б) в 10% розчин HCN , $K_{Д, HCN} = 6,2 \cdot 10^{-10}$; в) в розчин, 1л якого вміщує 5,61г KOH .

5. ГРАВИМЕТРИЧНИЙ (ВАГОВИЙ) МЕТОД АНАЛІЗУ

Гравіметричним (ваговим) аналізом називають метод кількісного хімічного визначення, що ґрунтується на точному вимірюванні маси визначуваної речовини. Це може бути маса компонента, який виділяється в елементарному вигляді або у вигляді малорозчинної сполуки, або маса залишку після виділення компонента, що визначається. За допомогою гравіметричного аналізу визначають масу або концентрацію багатьох речовин, металів, неметалів, складових часток сплавів, руд, природних і промислових об'єктів. Гравіметричний метод аналізу дозволяє визначити вміст речовини з точністю до 0,01-0,005%, але цей метод потребує багато часу і праці.

Гравіметричні методи аналізу діляться на три групи: методи виділення, відгонки і осадження.

У методах виділення компонент, який визначають, виділяють у вільному стані і зважують на аналітичних терезах.

У методах відгонки елемент або компонент, який визначають, переводять за допомогою будь-якого реактиву у летку речовину, потім її відганяють і поглинають. По збільшенню маси поглинача визначають кількість компонента, що визначається. Це прямий метод відгонки.

У непрямих методах відгонки компонент, що визначають, відганяють, а його масу знаходять як різницю між масами речовини до і після відгонки.

У методах осадження наважку речовини, яку аналізують, переводять у розчин, потім елемент, що визначають, осаджують у вигляді малорозчинної сполуки. Осад відокремлюють від розчину фільтруванням, промивають, висушують, прожарюють, охолоджують і зважують. Виходячи з маси осаду, що одержали після прожарювання, обчислюють масу елемента, який визначають, і його масову частку у речовині, що аналізували.

З усіх перерахованих операцій найбільш важливою є операція осадження. Для осадження кристалічних ліофобних і аморфних ліофільних осадів рекомендують брати в 1,5 рази більший надлишок осаджувача і створювати умови, за яких буде досягнуте повне осадження компонента, що визначається.

Залишкова концентрація компонента, що визначається, у розчині не повинна перевищувати 10^{-6} моль/л або 10^{-4} г/л - межа чутливості аналітичних терезів. Найкращим осаджувачем є такий, який утворює найменш розчинну сполуку. Бажано, щоб він був легкою речовиною, тоді домішки його в осаді будуть видалятися при прожарюванні. Окрім того осаджувач повинен реагувати тільки з йонами, які осаджують, і не реагувати з іншими, тобто бути специфічним. Специфічність реакції досягають умовами проведення цієї реакції: певною кислотністю та введенням маскуючих речовин, які зв'язують йони, що заважають визначенню.

У гравіметричному аналізі розрізняють осаджувану та гравіметричну форми осаду. Та форма, у вигляді якої переводять компонент, що визначають, в осад, називається *осаджуваною*, а форма сполуки, яку отримують після прожарювання осаду – *гравіметричною*. Осаджувана і гравіметрична форми повинні відповідати певним вимогам.

Сполука, що є осаджуваною формою, повинна бути малорозчинною, це необхідно для повного осадження елемента, що визначається. Бажано, щоб структура осаду давала можливість з достатньою швидкістю вести фільтрування і відмивання його від домішків. Цій вимозі відповідають крупнокристалічні осадки. При прожарюванні форма осадження повинна легко і повністю перетворюватися у гравіметричну форму.

Гравіметрична форма повинна задовільняти наступні вимоги:

- склад її повинен відповідати певній хімічній формулі,
- має бути стійкою до зовнішнього середовища,
- не реагувати і не адсорбувати вологу та CO_2 з повітря;
- частка компоненту, що визначають, у гравіметричній формі має бути якомога меншою. При цьому помилка визначення буде також меншою.

Важливим параметром гравіметричного аналізу є маса наважки речовини, яку аналізують. Її маса залежить від методу аналізу і характеру осаду. Вона не може бути дуже великою або малою. У першому випадку буде велика кількість осаду, промити який дуже важко. Якщо ж наважка занадто мала, то буде велика помилка при зважуванні і виконанні інших операцій аналізу.

Дослідним шляхом визначили, що раціональною наважкою речовини, що аналізують, буде така, з якої отримують приблизно 0,5 г гравіметричної форми, якщо форма осадження є кристалічним ліофобним осадом і 0,1-0,3г гравіметричної форми, якщо форма осадження є аморфним ліофільним осадом.

Обчислити масу наважки речовини, що аналізують, можна, використовуюч наступні формули:

- форма осадження є кристалічним осадом

$$m_{нав.} = \frac{0,5 \cdot m M_{виз.р.}}{n M_{гр.ф.}} ; \quad (5.1)$$

- форма осадження є аморфним осадом

$$m_{нав.} = \frac{0,1 \cdot m M_{виз.р.}}{n M_{гр.ф.}} , \quad (5.2)$$

де $M_{виз.р.}$ - молярна маса речовини, яку визначають, г/моль; $M_{гр.ф.}$ - молярна маса гравіметричної форми, г/моль; m і n - коефіцієнти, г; 0,5 і 0,1 – раціональні наважки речовини, залежно від характеру осаду форми осадження.

Рівняння для обчислення вмісту речовини, що визначається, таке:

$$m, г = F \cdot m_{нав.} , \quad (5.3)$$

$$w, \% = \frac{m_{гр.ф.} \cdot F \cdot 100}{m_{нав.}} , \quad (5.4)$$

де $m_{гр.ф.}$ - маса гравіметричної форми, г; $m_{нав.}$ - маса наважки, г; F - аналітичний множник (фактор перерахунку).

Аналітичний множник або фактор перерахунку – це відношення молярної (атомної) маси речовини, що визначають, до молярної маси сполуки, яка є гравіметричною формою. Молярні (атомні) маси речовин беруться з такими коефіцієнтами, щоб вони були еквівалентні одна одній.

$$F = \frac{m M_{виз.р.}}{n M_{гр.ф.}} \quad (5.5)$$

де $M_{виз.р.}$ - молярна маса речовини, яку визначають, г/моль; $M_{гр.ф.}$ - молярна маса гравіметричної форми, г/моль; m і n - відповідні коефіцієнти.

5.1. Розв'язування типових задач

Задача 1. Розрахуйте фактори перерахунку для визначення: а) Mg у вигляді $Mg_2P_2O_7$; б) Fe_3O_4 у вигляді Fe_2O_3 ; в) S у вигляді $BaSO_4$; г) $KAlSi_3O_8$ у вигляді SiO_2 .

Розв'язування. Визначимо фактор перерахунку за рівнянням (5.5)

$$\text{а) } F = \frac{2A_{Mg}}{M_{Mg_2P_2O_7}} = \frac{2 \cdot 24}{222} = 0,2164;$$

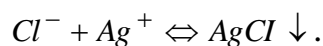
$$\text{б) } F = \frac{2M_{Fe_3O_4}}{3M_{Fe_2O_3}} = \frac{2 \cdot 232}{3 \cdot 160} = 0,9667;$$

$$\text{в) } F = \frac{A_S}{M_{BaSO_4}} = \frac{32}{233} = 0,1373;$$

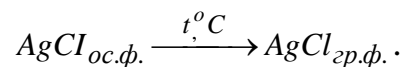
$$\text{г) } F = \frac{M_{KAlSi_3O_8}}{3 \cdot M_{SiO_2}} = \frac{278}{3 \cdot 60} = 1,5444.$$

Задача 2. Визначте вміст хлорид-іонів у зразку, якщо з наважки масою 1,0000 г отримали 0,2040 г гравіметричної форми $AgCl$.

Розв'язування. Найбільш поширений метод визначення вмісту хлорид-іонів – це їх осадження у вигляді Аргентум хлориду.



Переведення осадженої форми у гравіметричну відбувається шляхом висушування осаду



Для розрахунку вмісту хлорид-іонів треба розрахувати фактор перерахунку за рівнянням (5.5)

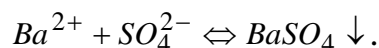
$$F = \frac{A_{Cl}}{M_{AgCl}} = \frac{35,5}{143,5} = 0,2474.$$

Масову частку хлорид-іонів визначимо за рівнянням (5.4)

$$w, \% = \frac{m_{гр.ф.} \cdot F \cdot 100}{m_{нав.}} = \frac{0,2040 \cdot 0,2474 \cdot 100}{1,0000} = 5,05\%.$$

Задача 3. Розрахуйте об'єм 0,5 М розчину сульфатної кислоти, необхідної для кількісного осадження йонів Ba^{2+} з наважки масою 0,5000 г, що містить $BaCl_2 \cdot 2H_2O$.

Розв'язування. При визначенні вмісту йонів Ba^{2+} використовують реакцію осадження



$$M(BaCl_2 \cdot 2H_2O) = 244 \text{ г/моль}; \quad M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}.$$

З рівняння реакції для осадження 1 моля солі барію потрібен 1 моль сульфатної кислоти. Складемо пропорцію і визначимо масу кислоти

з 244 г солі барію вступає у взаємодію 98 г H_2SO_4 ,

з 0,5 г солі барію вступає у взаємодію X г H_2SO_4 .

$$m_{H_2SO_4} = \frac{0,5 \cdot 98}{244} = 0,2 \text{ г}.$$

Враховуючи, що для повного осадження йонів Ba^{2+} потрібен полуторний надлишок сульфатної кислоти, маса кислоти становитиме $1,5 \times 0,2 = 3 \text{ г}$.

Об'єм кислоти заданої концентрації, необхідний для повного осадження Ba^{2+} , визначимо з рівняння

$$V_{H_2SO_4} = \frac{m_{H_2SO_4} \cdot 1000}{M_{H_2SO_4} \cdot C_{H_2SO_4}} = \frac{0,3 \cdot 1000}{98 \cdot 0,5} = 6,1 \text{ мл}.$$

5.2. Задачі для самостійної роботи

1. Визначте масову частку $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ у технічному препараті Магній сульфаті, якщо з наважки масою 0,4285 г отримали 0,1920 г $Mg_2P_2O_7$.
2. З наважки бронзи масою 0,4867 г отримали 0,2706 г SnO_2 . Визначте масову частку Стануму в сплаві.
3. Розрахуйте масу наважки сталі, що вміщує 0,05 % Сульфур, яку треба взяти для отримання 0,0075 г осаду $BaSO_4$.
4. Обчисліть масову частку Аргентуму в сплаві, якщо з наважки сплаву масою 0,3000 г отримали 0,1528 г $AgCl$.

5. З 0,6422 г доломіту при проведенні аналізу отримали 0,4520 г $CaMoO_4$. Розрахуйте масову частку Кальцію і Кальцій карбонату у доломіті.
6. З наважки 0,6254 г глини після відповідної обробки і прожарювання отримали 0,2484 г CaO і 0,0754 г MgO . Обчисліть масову частку Кальцію і Магнію у глині.
7. З наважки 0,3628 г Манган карбонату виділили осад $MnNH_4PO_4$, після прожарювання якого отримали 0,4326 г $Mn_2P_2O_7$. Розрахуйте масову частку Мангану у технічному $MnCO_3$.
8. З наважки 1,0000 г бабіту, що містить Sb , Sn , Cu , Pb і Zn , після відповідної обробки отримали 0,0915 г Sb_2S_3 , 0,2107 г SnO_2 , 0,0229 г $CuCNS$, 0,0093 г $PbCrO_4$ і 0,0046 г $Zn_2P_2O_7$. Розрахуйте масову частку кожного компонента у сплаві.
9. При аналізі проби граніту з наважки 1,0960 г було отримано 0,0198 г прожареного осаду $P_2O_5 \cdot 24MoO_3$. Розрахуйте масову частку Фосфору у граніті.
10. Вміст Алюмінію у бокситі складає 30 % (по масі). Яку наважку необхідно взяти для визначення Алюмінію, щоб маса прожареного осаду Al_2O_3 становила 0,1500 г?
11. З наважки 1,0000 г сталі отримали осад SiO_2 і WO_3 загальною масою 0,1021 г. Після обробки осаду HF і видалення SiO_2 маса залишку WO_3 дорівнювала 0,0712 г. Розрахуйте масову частку Силіцію і Вольфраму в сталі.
12. При визначенні Ніколу в сталі гравіметричним методом узяли наважку сталі 0,8450 г. Після відповідної обробки маса гравіметричної форми NiO дорівнювала 0,2140 г. Розрахуйте масову частку Ніколу в сталі.
13. Наважка сталі 1,0000 г розчинена у кислоті. Після відповідної обробки отримано 0,1425 г WO_3 . Визначте масову частку Вольфраму в сталі.
14. Для визначення Алюмінію гравіметричним методом наважка сплаву 0,4620 г була розчинена в мірній колбі ємкістю 100 мл. Для аналізу узяли 25 мл розчину і після відповідної обробки отримали 0,2042 г Al_2O_3 . Визначте масову частку Алюмінію в сплаві.

15. З наважки цементу масою 1,5000 г отримали після відповідної обробки 0,2105 г прожареного осаду $Mg_2P_2O_7$. Розрахуйте масову частку MgO у цементі.
16. Розрахуйте масову частку компонентів у дюралюмінію, якщо з його наважки 0,5000 г при проведенні аналізу отримали 0,8020 г Al_2O_3 ; 0,0091г $Mg_2P_2O_7$; 0,0025 г Mg_3O_4 і 0,0385 г CuS .
17. Масова частка Кальцію в доломіті складає 14,1 %. Визначте масу наважки доломіту, якщо після відповідної обробки отримали 0,4490 г $CaMoO_4$.
18. Розрахуйте масову частку Кобальту в сплаві, якщо з наважки 0,2100 г після осадження і прожарювання отримали 0,1012 г Co_2O_3 .
19. З наважки сплаву 0,4267 г отримали 0,2304 г SnO_2 . Розрахуйте масову частку Стануму в цьому сплаві.
20. Розрахуйте масу наважки силікату, який містить 21,74 % SiO_2 . При прожарюванні було отримано 0,0724 г SiO_2 .
21. З наважки чавунної стружки масою 1,5462 г після відповідної обробки і прожарювання отримали 0,1436 г SiO_2 і 2,1140 г Fe_2O_3 . Визначте масову частку Силіцію і Феруму в чавуні.
22. Наважку руди 0,4124 г розчинили і обробили відповідним способом. Після прожарювання отримали 0,2514 г Sb_2S_3 . Обчисліть масову частку Стибію в руді.
23. Наважку сплаву 1,0000 г розчинили і після відповідної обробки отримали 0,2500 г $Cu(OH)_2$. Розрахуйте масову частку CuO у сплаві.
24. Вміст Феруму в руді складає 49,52 %. Яку наважку руди необхідно взяти, щоб після відповідної обробки отримати 0,4150 г Fe_2O_3 ?
25. З розчину солі Калію отримали осад $KClO_4$, маса якого після прожарювання складала 0,1528г. Визначте масу Калію, що міститься в розчині.
26. Розрахуйте масову частку Fe_3O_4 у магнітному залізняку, якщо з 0,6000 г технічного залізняку отримали 0,4326 г Fe_2O_3 .

27. З наважки сплаву масою 0,5783 г після відповідної обробки виділили Купрум у вигляді Cu_2S , маса якого дорівнювала 0,1274 г. Визначте масову частку Купруму в сплаві.
28. З наважки кам'яного вугілля 2,6248 г після відповідної обробки отримали 0,3248 г $BaSO_4$. Визначте масову частку Сульфуру в кам'яному вугіллі.
29. З наважки 0,5808г залізної руди після розчинення, осадження і прожарювання осаду отримали 0,3582 г Fe_2O_3 . Розрахуйте масову частку Феруму в руді.
30. Зразок вміщує Al , Mg і Pb . Після відповідної обробки отримали 0,5620 г $Al(C_9H_6ON)_3$; 0,4380 г $Mg_2P_2O_7$ і 0,5220 г $PbSO_4$. Визначте масову частку кожного компонента в зразку.
31. Яку наважку крейди треба взяти для аналізу на вміст CO_2 , якщо зразок містить біля 85% $CaCO_3$?
32. Розрахуйте масу наважки сталі, що вміщує 0,05% Сульфуру, яку треба взяти для отримання 0,0075г осаду $BaSO_4$.
33. Визначте вміст хлорид-іонів в зразку, якщо з наважки масою 1,00 г отримали 0,2040г гравіметричної форми $AgCl$.
34. Розрахуйте масу наважки сталі, що вміщує 0,05 % Сульфуру, яку треба взяти для отримання 0,0075 г осаду $BaSO_4$.
35. При визначенні вмісту кристалізаційної води в зразку $BaCl_2$ одержані дані: маса бюкса 25,6874 г; маса бюкса з наважкою 27,2594 г; маса бюкса з наважкою після висушування 27,0269 г. Обчисліть масову частку кристалізаційної води в зразку.
36. Яку наважку крейди треба взяти для аналізу на вміст CaO , якщо зразок містить біля 20% вологи.
37. Обчисліть наважку торфу для аналізу на зольність, якщо золи в зразку біля 20%.
38. Яку наважку $BaCl \cdot 2H_2O$ треба взяти для аналізу на вміст барію, якщо його визначають у виді $BaSO_4$?
39. Яку наважку $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ треба взяти для аналізу на вміст міді, якщо її

визначають у вигляді CuO після осадження гідроксиду?

40. Обчисліть наважку технічного залізного купоросу, що містить біля 90% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, для аналізу на вміст $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, якщо осаджуюча форма $\text{Fe}(\text{OH})_3$?
41. Яку наважку 30 % сульфїду залїза треба взяти для аналізу на вміст сульфур у вигляді BaSO_4 ?
42. Яку наважку залїзної руди, що містить біля 70% залїза, треба взяти для визначення залїза, осадженого у вигляді $\text{Fe}(\text{OH})_3$?
43. Яку наважку сидериту треба взяти для аналізу на вміст залїза, якщо зразок містить біля 75 % FeCO_3 , а осаджуюча форма $\text{Fe}(\text{OH})_3$?
44. Обчисліть наважку вапняку, що містить біля 8 % домішок, для аналізу на вміст CaCO_3 якщо осаджуюча форма $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
45. Якою повинна бути наважка сплаву, що містить 95% магнію, для аналізу на вміст магнію, якщо осаджуюча форма $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$?
46. Обчисліть наважку польового шпату для аналізу на вміст Al_2O_3 , якщо алюмінію в ньому біля 8 %.
47. Обчисліть наважку технічної повареної солї, що містить біля 6 % домішок, для аналізу на вміст хлору у вигляді AgCl .
48. Обчисліть аналітичний множник для визначення S, H_2SO_4 , Na_2SO_4 , SO_3 , за BaSO_4 .
49. Обчисліть аналітичні множники для визначення Fe, FeO, FeCO_3 , FeCl_3 за Fe_2O_3 .
50. Обчисліть аналітичні множники для визначення Ca, CaCO_3 , CaCl_2 , CO_2 за CaO.
51. Обчисліть аналітичні множники для визначення P, P_2O_5 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Mg за $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.
52. Обчисліть аналітичні множники для визначення Al, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 у вигляді Al_2O_3 .
53. Обчисліть аналітичні множники для визначення Pb, PbO, PbCl_2 , Pb_3O_4 за PbSO_4 .

54. Наважка кам'яного вугілля 2,6248 г після висушування до постійної маси стала важити 2,5420 г. Обчисліть масову частку вологи в зразку.
55. Наважка просушеного кам'яного вугілля 2,0500 г після прожарювання була 1,2348 г. Обчисліть масову частку летких речовин у зразку.
56. Наважка сухого вапняку 1,5120 г після прожарювання до постійної маси була 0,8470 г. Обчисліть масову частку CaO і CO_2 в зразку.
57. Для аналізу зразку торфу взята наважка 1,6340 г. Після прожарювання її до постійної маси одержано 0,4102 г золи. Яка зольність зразку?
58. Наважка коксу разом з бюксом важила 12,6100 г; пустий бюкс – 10,5650 г. Після висушування до постійної маси бюкс з наважкою важив 12,3750 г. Обчисліть масову частку абсолютно сухої речовини в зразку.
- 59.2. Наважка кам'яного вугілля 2,6248 г після висушування до постійної маси стала важити 2,5420 г. Обчисліть масову частку вологи в зразку.
- 60.3. Наважка просушеного кам'яного вугілля 2,0500 г після прожарювання була 1,2348 г. Обчисліть масову частку летких речовин у зразку.
- 61.4. Наважка сухого вапняку 1,5120 г після прожарювання до постійної маси була 0,8470 г. Обчисліть масову частку CaO і CO_2 в зразку.
62. Для аналізу зразку торфу взята наважка 1,6340 г. Після прожарювання її до постійної маси одержано 0,4102 г золи. Яка зольність зразку?
- 63.6. Наважка коксу разом з бюксом важила 12,6100 г; пустий бюкс – 105650 г. Після висушування до постійної маси бюкс з наважкою важив 12,3750 г. Обчисліть масову частку абсолютно сухої речовини в зразку.
64. При визначенні вмісту кристалізаційної води в зразку барій хлориду одержані дані: маса бюкса 25,6874 г; маса бюкса з наважкою 27,2594 г; маса бюкса з наважкою після висушування 27,0269 г. Обчисліть масову частку кристалізаційної води в зразку.
65. При визначенні гігроскопічної води в зразку натрій хлориду одержані наступні дані: маса тигля 7,2393 г; маса тигля з наважкою 7,8809 г; маса тигля з наважкою після висушування 7,8616 г. Обчисліть масову частку гігроскопічної води в зразку.
66. При визначенні летких речовин в кам'яному вугіллі одержали наступні

- дані: маса тигля 5,3280 г; маса тигля з наважкою 6,5110 г; маса тигля з наважкою після видалення летких речовин 6,2745 г. Визначте масову частку летких речовин в зразку.
67. Наважка 0,5062 г магnezиту висушена при 15°C до постійної маси 0,5043 г. Висушений зразок прожарили, після чого маса стала 0,2512 г. Обчисліть масову частку: а) гігроскопічної вологи; б) CO_2 .
68. Визначіть вміст барію в 0,4765 г BaSO_4 .
69. Визначіть вміст сірки в 0,2854 г BaSO_4 .
70. Визначіть вміст срібла в 0,3652 г AgCl .
71. Із наважки магnezиту одержано 0,2164 г осаду $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Скільки грамів магнію в наважці?
72. Для аналізу зразку хлориду барію взята наважка 0,6878 г. Із неї одержано прожарений осад BaSO_4 0,6556 г. Обчисліть масову частку барію в зразку.
73. Взята наважка 1,0150 г кам'яного вугілля. Після обробки її одержано прожарений осад BaSO_4 0,2895 г. Обчисліть масову частку сірки в зразку.
74. Взята наважка 0,3212 г сульфатної кислоти. Після осадження і прожарювання одержано осад BaSO_4 0,2642 г. Яка масова частка сульфатної кислоти в зразку.
75. Із наважки піриту 0,2794 г після обробки одержано 0,4524 г прожареного осаду BaSO_4 . Обчисліть масову частку сірки в зразку.
76. Із наважки мармуру 1,8710 г одержані осади: 0,0827 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$; 0,0342 г Fe_2O_3 ; 1,9650 г CaSO_4 . Обчисліть масову частку в зразку: а) Mg; б) Ca; в) Fe.
77. Із наважки алюмінієвого сплаву одержано осад Al_2O_3 0,0984 г. Обчисліть масову частку Al в сплаві, якщо наважка була 0,4524 г.
78. При аналізі вапняку із наважки 0,5210 г після обробки одержали осади: 0,2218 г CaO і 0,0146 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Обчисліть масові частки CaCO_3 і MgCO_3 в зразку.
79. Із наважки магnezиту 2,4110 г одержано 2,1710 г прожареного осаду $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Визначіть масову частку в зразку: а) Mg; б) MgO ; в) MgCO_3 .
80. Обчисліть масову частку $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в зразку технічного сульфату алюмінію, якщо із наважки 0,5278 г одержано 0,1552 г осаду Al_2O_3 .

6. ТИТРИМЕТРИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

Порівнюючи гравіметричний і титриметричний аналізи, слід зазначити, що вони за своєю суттю і методикою роботи значно відрізняються. Якщо у гравіметричному аналізі вимірюють масу продукту реакції, то в титриметричному аналізі вимірюють об'єм розчину реактиву відомої концентрації, який витрачено на взаємодію з розчином речовини, що визначається. Гравіметричний аналіз відноситься до найбільш точних хімічних методів аналізу. Але суттєвий недолік гравіметрії – тривалість. Титриметричний аналіз в цьому відношенні має великі переваги, тому що є більш швидкий.

Отже, *титриметричний (об'ємний) аналіз* ґрунтується на точному вимірюванні об'єму розчину реагента точно відомої концентрації, який витрачається в реакції з еквівалентною кількістю речовини, яку визначають. Основна операція методу – титрування. *Титрування* – це процес поступового добавляння розчину відомої концентрації з бюретки до розчину речовини, що визначається. Розчин, концентрація якого є точно відома, називається титрованим, стандартним, робочим або титрантом. Титрування ведуть до досягнення *точки еквівалентності* – це момент, коли речовини прореагують у відповідності до закону еквівалентів. Точку еквівалентності встановлюють за допомогою індикаторів. *Індикатор* – це речовина, яка за певних умов змінює свій колір. Вибір індикатору залежить від типу реакції. Досягнувши точки еквівалентності, титрування припиняють. Момент, коли відбувається зміна забарвлення розчину і припиняється титрування, називається точкою кінця титрування. Після припинення титрування вимірюють об'єм титранту, витраченого на реакцію з речовиною, яку визначають, та розраховують вміст речовини.

6.1. Вимоги до реакцій в титриметричному аналізі

Реакції в титриметричному аналізі повинні задовольняти наступним вимогам:

1. Реакції повинні проходити стехіометрично, тобто, проходити згідно з рівнянням реакції.
2. Реакції повинні проходити кількісно, тобто, повнота проходження повинна складати не менше 99,9%.
3. Стандартний (титрований) розчин реактиву повинен реагувати тільки з речовиною, що визначається, тобто, реакція повинна бути специфічною.
4. Реакція між титрованим розчином і розчином речовини, що визначається, повинна проходити з великою швидкістю.
5. Необхідно мати надійний спосіб фіксування точки еквівалентності.
6. В розчині повинні бути відсутні речовини, що заважають проходженню основної реакції або не дають можливості фіксувати точку еквівалентності.

6.2. Класифікація методів титриметричного аналізу

В залежності від типу реакції, що лежить в основі титрування, розрізняють наступні методи аналізу.

1. Метод кислотно – основного титрування

В основі цього методу лежать кислотно – основні реакції, зв'язані із зміною кислотності розчину у процесі титрування. Різка зміна рН спостерігається у точці еквівалентності. Для її фіксування використовують рН-індикатори, які змінюють своє забарвлення в залежності від рН розчину.

2. Метод окисно – відновного титрування

В основі цього методу лежать реакції окиснення – відновлення. В процесі титрування змінюється потенціал розчину. Для визначення точки еквівалентності використовують окисно – відновні (редокс) індикатори, які змінюють своє забарвлення в залежності від потенціалу розчину.

3. Метод осадження і комплексоутворення

Титриметричні методи аналізу з використанням реакцій осадження і комплексоутворення об'єднані в одну групу методів, оскільки багато реакцій осадження за певних умов є реакціями комплексоутворення, і навпаки, реакції комплексоутворення закінчуються утворенням малорозчинних

сполук. Точку еквівалентності в цих методах визначають як індикаторними, так і безіндикаторними методами.

За способом титрування розрізняють методи прямого і непрямого титрування.

В методах *прямого титрування* йон чи компонент, що визначається, титрують титрованим розчином або навпаки.

До методів непрямого титрування належать метод заміщення та метод зворотного титрування (метод залишків).

Метод *заміщення* полягає в тому, що йони, які визначаються, заміщують еквівалентною кількістю інших йонів, які вже можна визначити прямим титруванням. Цей метод використовують, якщо є труднощі з фіксуванням точки еквівалентності.

Метод *зворотного титрування* (метод залишків) полягає в тому, що до аналізованого розчину додають точно відомий надлишок титрованого розчину реактиву і титрують цей надлишок відповідним робочим розчином. Метод застосовують в тому випадку, коли немає індикатора для визначення точки еквівалентності, або, коли реакція проходить надто повільно.

6.3. Розрахунки в титриметричному аналізі

1. Розрахунок маси наважки, необхідної для приготування заданого об'єму стандартного розчину відомої концентрації

$$m_i = \frac{C_{H,i} \cdot V_i \cdot M_{e,i}}{1000}, \quad (5.6)$$

де $C_{H,i}$ -молярна концентрація еквівалента стандартного розчину, моль-екв/л;
 $M_{e,i}$ – молярна маса еквівалента речовини, г/моль-екв; V_i – об'єм розчину, мл.

2. Розрахунки вмісту речовини за методом окремих наважок при прямому титруванні

$$m_A = \frac{C_{титр.} \cdot V_{титр.} \cdot M_{e,A}}{1000}; \quad (5.7)$$

$$m_A = V_{титр.} \cdot T_{B/A}; \quad (5.8)$$

$$w_A, \% = \frac{C_{H, \text{титр.}} \cdot V_{\text{титр.}} \cdot M_{e,A} \cdot 100}{1000 \cdot m_{\text{нав.}}}, \quad (5.9)$$

де $V_{\text{титр.}}$ – об'єм титрованого розчину, мл; $C_{H, \text{титр.}}$ – молярна концентрація еквівалента титрованого розчину, моль-екв/л; $M_{e,A}$ – молярна маса еквівалента речовини, що визначається, г/моль-екв; $T_{B/A}$ – титр титрованого розчину В за речовиною А, г/мл; $m_{\text{нав.}}$ – маса наважки, г.

3. Розрахунок вмісту речовини при титруванні методом аліквот

$$w_A, \% = \frac{C_{H, \text{титр.}} \cdot V_{\text{титр.}} \cdot M_{e,A} \cdot V_{M.K.} \cdot 100}{1000 \cdot m_{\text{нав.}} \cdot V_{\text{ал.}}}, \quad (5.10)$$

де $V_{\text{титр.}}$ – об'єм титрованого розчину, мл; $C_{H, \text{титр.}}$ – молярна концентрація еквіваленту титрованого розчину, моль-екв/л; $M_{e,A}$ – молярна маса еквіваленту речовини, що визначається, г/моль-екв; $m_{\text{нав.}}$ – маса наважки, г; $V_{\text{ал.}}$ – об'єм аліквоти, що брали для титрування, мл; $V_{M.K.}$ – об'єм мірної колби, мл.

4. Розрахунки вмісту речовини при зворотному титруванні

$$w_A, \% = \frac{(C_{H, \text{надл.}} \cdot V_{\text{надл.}} - C_{H, \text{титр.}} \cdot V_{\text{титр.}}) \cdot M_{e,A} \cdot 100}{1000 \cdot m_{\text{нав.}}}, \quad (5.11)$$

де $C_{H, \text{надл.}}$ – молярна концентрація еквівалента титрованого розчину, надлишок якого додається до аналізуємого розчину, моль-екв/л; $V_{\text{надл.}}$ – об'єм надлишкового титрованого розчину, мл; $C_{H, \text{титр.}}$ – молярна концентрація еквівалента титрованого розчину, яким титрується надлишок, моль-екв/л; $V_{\text{титр.}}$ – об'єм цього титрованого розчину, мл; $M_{e,A}$ – молярна маса еквівалента речовини, що визначається, г/моль-екв; $m_{\text{нав.}}$ – маса наважки, г.

5. Розрахунки молярної маси еквівалента

$$\text{- кислоти} \quad M_{e, \text{к.}} = \frac{M_{\text{к.}}}{n_{H^+}}, \quad (5.12)$$

де $M_{\text{к.}}$ – молярна маса кислоти, г/моль; n_{H^+} – число йонів H^+ , що містить кислота;

$$\text{- основи} \quad M_{e, \text{осн.}} = \frac{M_{\text{осн.}}}{n_{OH^-}}, \quad (5.13)$$

де $M_{осн.}$ – молярна маса основи, г/моль; $n_{ОН^-}$ – число йонів $ОН^-$, що містить основа;

- солі
$$M_{e,c.} = \frac{M_c}{n_{Me} \cdot Z_{Me}}, \quad (5.14)$$

де M_c – молярна маса солі, г/моль; n_{Me} – кількість йонів металу; Z_{Me} – заряд йонів металу.

Для окисно-відновних реакцій молярна маса еквівалента речовини, що приймає в ній участь, розраховується за рівнянням

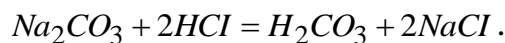
$$M_{e,i} = \frac{M_i}{n} \quad (5.15)$$

де M_i – молярна маса речовини, г/моль; n – кількість електронів, що приймає участь в окисно-відновному процесі цієї речовини.

6.4. Розв'язування типових задач

Задача 1. Для визначення концентрації розчину хлоридної кислоти узяли наважку 5,206 г Натрій карбонату. Наважку розчинили у воді і довели об'єм розчину до 500 мл. На титрування 25 мл отриманого розчину потрібно 26,2 мл розчину кислоти. Розрахуйте молярну концентрацію еквівалента, титр хлоридної кислоти і титр розчину хлоридної кислоти за $NaOH$.

Розв'язування. При титруванні розчину, що аналізують, розчином хлоридної кислоти протікає реакція



Молярну концентрацію еквівалента хлоридної кислоти визначимо за рівнянням (5.10)

$$C_{H, HCl} = \frac{m_{Na_2CO_3} \cdot V_{ал.} \cdot 1000}{V_{M.K.} \cdot V_{HCl} \cdot M_{e, Na_2CO_3}}.$$

Молярна маса еквівалента Натрій карбонату у відповідності до реакції дорівнює

$$M_{e, Na_2CO_3} = \frac{M_{Na_2CO_3}}{2} = \frac{106}{2} = 53 \text{ г/моль-екв.}$$

Тоді
$$C_{H, HCl} = \frac{5,206 \cdot 25 \cdot 1000}{500 \cdot 26,2 \cdot 53} = 0,1875 \text{ моль-екв/л.}$$

Титр хлоридної кислоти розрахуємо за формулою

$$T_{HCl} = \frac{C_{H,HCl} \cdot M_{e,HCl}}{1000}.$$

Молярна маса еквівалента хлоридної кислоти дорівнює

$$M_{e,HCl} = \frac{M_{HCl}}{n_{H^+}} = \frac{36,5}{1} = 36,5 \text{ г/моль-екв.}$$

$$T_{HCl} = \frac{0,1875 \cdot 36,5}{1000} = 0,006844 \text{ г/мл.}$$

Титр розчину хлоридної кислоти за натрій гідроксидом розрахуємо за рівнянням

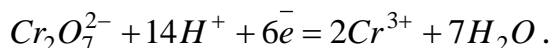
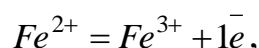
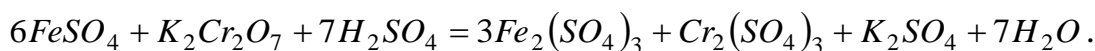
$$T_{HCl/NaOH} = \frac{C_{H,HCl} \cdot M_{e,NaOH}}{1000} = \frac{0,1875 \cdot 40}{1000} = 0,0075 \text{ г/мл,}$$

де

$$M_{e,NaOH} = \frac{M_{NaOH}}{n_{OH^-}} = \frac{40}{1} = 40 \text{ г/моль-екв.}$$

Задача 2. Наважку руди масою 0,5124 г розчинили у відповідному розчиннику. На титрування іонів Fe^{2+} було витрачено 21,3 мл 0,1052 н розчину $K_2Cr_2O_7$. Визначте масову частку Феруму в розчині.

Розв'язування. При титруванні аналізованого розчину $K_2Cr_2O_7$ протікає реакція



Масову частку Феруму у руді визначимо за рівнянням (5.9)

$$w_{Fe, \%} = \frac{C_{H,K_2Cr_2O_7} \cdot V_{K_2Cr_2O_7} \cdot M_{e,Fe} \cdot 100}{1000 \cdot m_{нав.}}$$

Молярна маса еквівалента Феруму дорівнює

$$M_{e,Fe} = \frac{M_{Fe}}{n} = \frac{56}{1} = 56 \text{ г/моль-екв.}$$

Тоді

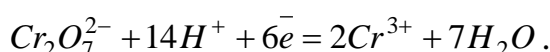
$$w_{Fe, \%} = \frac{0,1052 \cdot 21,3 \cdot 56 \cdot 100}{1000 \cdot 0,5124} = 24,5\%.$$

Задача 3. Розрахуйте масу наважки $K_2Cr_2O_7$, яку необхідно взяти для приготування 1,5 л 0,1021 н розчину $K_2Cr_2O_7$. Розчин призначений для окисно-відновного титрування.

Розв'язування. Масу наважки для приготування розчину заданої концентрації та об'єму розрахуємо за рівнянням (5.6)

$$m_i = \frac{C_{H,i} \cdot V_i \cdot M_{e,i}}{1000}.$$

Оскільки реактив призначений для окисно-відновного титрування, то молярну масу еквівалента $K_2Cr_2O_7$ обчислимо, виходячи з рівняння



$$M_{e,K_2Cr_2O_7} = \frac{M_{K_2Cr_2O_7}}{n} = \frac{294}{6} = 49 \text{ г/моль-екв.}$$

Тоді

$$m_{K_2Cr_2O_7} = \frac{0,1021 \cdot 1500 \cdot 49}{1000} = 7,5 \text{ г.}$$

Задача 4. Наважку руди масою 1,5243 г розчинили в мірній колбі об'ємом 500 мл. На титрування 10 мл розчину було витрачено 17,3 мл 0,01 н розчину $K_2Cr_2O_7$. Визначте масову частку Феруму в руді.

Розв'язування. Вміст Феруму в руді при титруванні розчину методом аліквот розрахуємо за рівнянням (5.10)

$$w_A, \% = \frac{C_{H,K_2Cr_2O_7} \cdot V_{K_2Cr_2O_7} \cdot M_{e,Fe} \cdot V_{M.K.} \cdot 100}{1000 \cdot m_{нав.} \cdot V_{ал.}}$$

Молярна маса еквівалента Феруму дорівнює

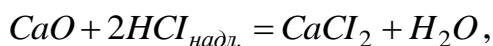
$$M_{e,Fe} = \frac{M_{Fe}}{n} = \frac{56}{1} = 56 \text{ г/моль-екв.}$$

Тоді

$$w_A, \% = \frac{0,01 \cdot 17,3 \cdot 56 \cdot 500 \cdot 100}{1000 \cdot 1,5243 \cdot 10} = 31,87\%.$$

Задача 5. Для визначення вмісту Кальцію наважку шлаку масою 0,5215 г розчинили в 50 мл 0,1018 н розчину HCl . Після закінчення реакції надлишок HCl відтитрували 23,7 мл 0,1037 н розчину $NaOH$. Розрахуйте масову частку Кальцію в шлаці.

Розв'язування. Для визначення вмісту Кальцію був використаний метод зворотного титрування. В розчині протікають реакції



Вміст Кальцію визначимо за рівнянням (5.11)

$$w_{Ca}, \% = \frac{(C_{H,\text{надл.}} \cdot V_{\text{надл.}} - C_{H,\text{титр.}} \cdot V_{\text{титр.}}) \cdot M_{e,Ca} \cdot 100}{1000 \cdot m_{\text{нав.}}}$$

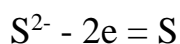
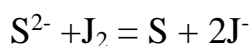
Молярна маса еквівалента Кальцію дорівнює

$$M_{e,Ca} = \frac{M_{Ca}}{n} = \frac{40}{2} = 20 \text{ г/моль-екв.}$$

Тоді
$$w_{Ca}, \% = \frac{(0,1018 \cdot 50 - 0,1037 \cdot 23,7) \cdot 20 \cdot 100}{1000 \cdot 0,5215} = 10,1\% .$$

Задача 6. Наважка сульфиду натрію 1,1296 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. До 25,00 мл цього розчину прилито 40,00 мл 0,1 н розчину йоду. На титрування надлишку йоду пішло 28,60 мл 0,1 н розчину $Na_2S_2O_3$. Обчисліть масову частку Na_2S в зразку.

Йодометричне визначення сульфідів ґрунтується на реакції:



1. Визначаємо масу Na_2S в зразку за формулою:

$$m_{Na_2S} = \frac{E_{Na_2S} (N_J \cdot V_J - N_{Na_2S_2O_3} \cdot V_{Na_2S_2O_3}) \cdot V_{\mu.k}}{1000 \cdot V_n}$$

$$E_{Na_2S} = \frac{\mu}{2} = \frac{78}{2} = 39 \text{ г/моль}$$

$$m_{Na_2S} = \frac{39(0,1 \cdot 40 - 28,60 \cdot 0,1) \cdot 200}{1000 \cdot 25} = 0,35568 \text{ г}$$

2. Обчислюємо масову частку (%) Na_2S в зразку.

$$\omega = \frac{m_{Na_2S}}{m_n} \cdot 100 = \frac{0,35568}{1,1296} = 31,49\%$$

6.5. Задачі для самостійної роботи

6.5.1. Кислотно-основне титрування (протоліометрія)

1. Визначте, яку наважку 95% каустичної соди треба взяти для аналізу на вміст NaOH , щоб на титрування отриманого з неї розчину пішло 30 мл 0,1241 н розчину Гідроген хлориду?
2. Розрахуйте масу Кальцій хлориду, якщо на його титрування пішло 18,45 мл 0,2112 н розчину гідроген хлориду.
3. В мірній колбі ємкістю 250 мл приготували розчин зразка, що містить KOH . На титрування 50 мл цього розчину витрачено 38,46 мл 0,0503 н розчину сульфатної кислоти. Розрахуйте масу KOH в зразку.
4. Розрахувати, скільки грамів оксалатної кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ знаходиться у фіксаналі, з якого можна приготувати 1 дм^3 розчину з концентрацією $C(1/2 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,1000$ моль/ дм^3 .
5. Яку наважку оксалатної кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ треба взяти, щоб на титрування витрачалось 20,00 см^3 0,1000 М розчину NaOH ?
6. Розрахувати концентрацію розчину HCl , якщо на титрування 0,1946 г Na_2CO_3 з метиловим оранжевим витрачається 20,45 мл цього розчину.
7. На титрування розчину натрій карбонату витратили 20,2 мл 0,1101 н розчину HCl . Скільки грамів натрій карбонату містилося в розчині?
8. Розрахувати нормальність і титр за HCl розчину NaOH з титром 0,00400 г/ см^3 .
9. Яка нормальна концентрація розчину $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, одсржаного розчиненням 1,7334 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в мірній колбі об'ємом 250 мл?
10. Яка масова частка Na_2CO_3 у забрудненому зразку соди, якщо на нейтралізацію наважки 0,2648 г витратили 24,45 мл 0,1970 н розчину HCl ?
11. Розрахувати $T(\text{H}_2\text{SO}_4)$, якщо $T(\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KOH})$ дорівнює 0,005643 г/ см^3 .
12. Яка нормальність і молярність розчину H_2SO_4 , титр якого дорівнює 0,005122 г/ см^3 ?
13. Яка нормальність і молярність розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ з $T(\text{Ba}(\text{OH})_2/\text{CH}_3\text{COOH})$ рівним 0,01210 г/ см^3 ?
14. Для 0,1122 н розчину HCl визначити молярність, титр і титр за CaO .

15. Скільки грамів NaOH, який містить 8% індиферентних домішок, потрібно взяти для приготування 1 л розчину з титром $0,005000 \text{ г/см}^3$?
16. Розчин містить 1,4320 г калій гідроксиду в 0,5 л. Скільки мілілітрів цього розчину піде на титрування 20 мл 0,1 н розчину хлоридної кислоти? Який індикатор потрібно вибрати для титрування?
17. Наважку натрій карбонату 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 хлоридної кислоти. Яка концентрація розчину хлоридної кислоти і який індикатор для цього титрування було використано?
18. На титрування досліджуваного розчину пішло 18,5 мл 0,1 н розчину натрій гідроксиду. Скільки грамів натрій гідроксиду пішло на реакцію з речовиною, що визначають?
19. Скільки мілілітрів 20 %-ної хлоридної кислоти 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.
20. Розрахуйте нормальну концентрацію розчину *NH₄OH*, якщо рН розчину 11, а константа дисоціації *NH₄OH* дорівнює $1,75 \cdot 10^{-5}$.
21. 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*. Зробіть розрахунки.
22. 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.
23. Розрахуйте наважку оксалатної кислоти *H₂C₂O₄·2H₂O*, необхідну для приготування 200 мл 0,1 н розчину. Розрахуйте нормальну концентрацію розчину NaOH, якщо на титрування 10 мл 0,1 н розчину оксалатної кислоти витрачено 10,8 мл розчину NaOH. Який індикатор слід використовувати при титруванні?

24. Як приготувати 500 мл 0,1 н розчину натрій карбонату? Якої концентрації була хлоридна кислота, якщо на титрування 10 мл розчину натрій карбонату пішло 9,8 мл розчину хлоридної кислоти?
25. Скільки грамів натрій гідроксиду треба взяти для приготування 2 літрів 0,2 н розчину? Як визначити точну концентрацію цього розчину? Скільки мл 0,1 н розчину хлоридної кислоти піде на повну нейтралізацію NaOH?
26. 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 хлоридної кислоти піде на повну нейтралізацію Na_2CO_3 ?
27. Як приготувати 2 л 0,1 н розчину хлоридної кислоти, використовуючи 38 %- вий її розчин, густина якого $1,18 \text{ г/см}^3$? Розрахуйте нормальну концентрацію розчину NaOH, якщо на титрування 10 мл 0,1 н розчину HCl витрачено 11,4 мл розчину NaOH. Який індикатор слід використовувати при титруванні?
28. Вказати, які показники якості води можна знайти методом нейтралізації, якщо рН води дорівнює 4,8. Зробити відповідні розрахунки.
29. Яку лужність води і форми карбонатної кислоти можна розрахувати, якщо на титрування 100 мл води з індикатором метилоранжем пішло 6,5 мл 0,1 н розчину хлоридної кислоти?
30. 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.
31. Чому дорівнює карбонатна твердість води, якщо на титрування 100 мл її з метилоранжем пішло 6,2 мл 0,1 н розчину хлоридної кислоти? Скільки міліграмів гідрокарбонат-іонів міститься в пробі води?
32. 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.

33. На титрування 100 мл природної води з індикатором фенолфталеїном до появи рожевого забарвлення витрачено 4 мл 0,1 н розчину $NaOH$. Скільки вільної карбонатної кислоти (мг/л) міститься в досліджуваній воді?
34. Наважку натрій карбонату вагою 0,5300 г розчинили в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25 мл цього розчину було витрачено 24,5 мл розчину хлоридної кислоти в присутності метилоранжу. Розрахуйте нормальні концентрації розчинів натрій карбонату і хлоридної кислоти.
35. Розчин ацетатної кислоти (25 см^3) нейтралізували 20 см^3 0,15 м розчином $NaOH$. Розрахуйте молярну концентрацію і масу ацетатної кислоти.
36. 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?
37. 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.
38. 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?
39. Визначити, скільки % сульфатної 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 0,1 н розчину $NaOH$.
40. 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 $K_{D(II)} = 5,6 \cdot 10^{-11}$.

41. Розрахуйте масу нітратної кислоти в 10 см^3 її розчину, якщо на титрування цього розчину витрачено $12,5 \text{ см}^3$ $1,01 \text{ M}$ розчину NaOH .
42. Розрахуйте масову частку Na_2CO_3 у технічній соді, якщо наважка технічної соди дорівнює $0,2005 \text{ г}$, а на її титрування пішло 20 см^3 $0,1 \text{ N}$ розчину хлоридної кислоти.
43. Наважку технічної нітратної кислоти масою $1,0100 \text{ г}$ перевели в розчин, який містив 25 см^3 $0,5 \text{ M}$ розчину NaOH . Надлишок NaOH відтитрували $10,5 \text{ см}^3$ $0,1 \text{ M}$ розчином HCl . Розрахуйте масову частку нітратної кислоти в наважці.
44. До розчину, що містить $0,7500 \text{ г}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, додали $25,00 \text{ мл}$ розчину KOH , а потім надлишок останнього відтитрували $4,02 \text{ мл}$ $0,125 \text{ N}$ розчином HCl . Розрахуйте нормальну концентрацію розчину KOH .
45. Скільки грамів KOH потрібно взяти для приготування $1,5 \text{ л}$ розчину з нормальною концентрацією $0,1 \text{ моль/л}$.
46. Скільки грамів NaOH необхідно для приготування $0,5 \text{ л}$ розчину з молярною концентрацією $0,2 \text{ моль/л}$.
47. Скільки мілілітрів розчину KOH ($\rho=1,29 \text{ г/см}^3$) треба взяти для приготування 5 л розчину з нормальною концентрацією $0,15 \text{ моль/л}$.
48. Який об'єм розчину NaOH ($\rho=1,53 \text{ г/см}^3$) треба взяти для приготування 12 л розчину з нормальною концентрацією $0,1 \text{ моль/л}$.
49. Який об'єм розчину HCl ($\rho=1,15 \text{ г/см}^3$) треба взяти для приготування $1,5 \text{ л}$ з нормальною концентрацією розчину $0,2 \text{ моль/л}$.
50. Скільки мілілітрів сульфатної кислоти ($\rho=1,74 \text{ г/см}^3$) треба для приготування $2,5 \text{ л}$ розчину з нормальною концентрацією $0,05 \text{ моль/л}$.
51. Скільки грамів $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ треба взяти для приготування 500 см^3 розчину з нормальною концентрацією $0,1 \text{ моль/л}$.
52. Для встановлення титру розчину HCl наважка безводної соди (х.ч.) $5,2060 \text{ г}$ розчинена в мірній колбі на 500 мл . На титрування 25 мл розчину пішло $26,18 \text{ мл}$ установлюючого розчину. Визначити: а) C_{HCl} ; б) K_{HCl} ; в) T_{HCl} ; г) $T_{\text{HCl}/\text{NaOH}}$.
53. Для встановлення титру розчину H_2SO_4 $2,4 \text{ г}$ наважки $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

- розчинили в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20 мл розчину H_2SO_4 пішло 33,85 мл приготовленого розчину бури. Обчисліть: а) $C_n(\text{H}_2\text{SO}_4)$; б) $K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$; в) $T_{\text{H}_2\text{SO}_4}$; г) $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{O}}$.
54. Для встановлення титру H_2SO_4 1,6750 г наважки $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ прожарена в платиновому тиглі до постійної маси, кількісно перенесена в мірну колбу на 250 мл, розчинена. Об'єм розчину доведено водою до мітки. На титрування 25,00 мл одержаного розчину пішло 22,46 мл кислоти. Визначити: а) $C_n(\text{H}_2\text{SO}_4)$; б) $K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$; в) $T_{\text{H}_2\text{SO}_4}$; г) $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{O}}$.
55. Для встановлення титру розчину HCl взято 20,00 мл розчину NaOH ($T=0,03982 \text{ г/см}^3$). Розчин розбавлено водою в мірній колбі на 200 мл до мітки. На титрування 20,00 мл одержаного розчину пішло 18,95 мл розчину HCl . Визначте: а) $C_n(\text{HCl})$; б) K_{HCl} ; в) T_{HCl} ; г) $T_{\text{HCl}/\text{кон}}$.
56. Для встановлення титру розчину KOH 5,9840 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ розчинено в мірній колбі на 1000 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачається 26,32 мл розчину KOH . Визначте: а) $C_n(\text{KOH})$; б) $K(\text{кон})$; в) $T_{\text{кон}/\text{HCl}}$.
57. Для встановлення титру розчину NaOH 0,4826 г бурштинової кислоти ($\text{H}_6\text{C}_4\text{O}_4$) розчинено в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл одержаного розчину пішло 21,05 мл розчину NaOH . Визначте: а) $C_n(\text{NaOH})$; б) K_{NaOH} ; в) T_{NaOH} ; г) $T_{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4}$.
58. На титрування розчину, що містить 0,2584 г безводної соди, пішло 21,35 мл розчину H_2SO_4 . Визначте: а) $T_{\text{H}_2\text{SO}_4}$; б) $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{NaOH}}$; в) $K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$.
59. На титрування розчину, одержаного із 0,5120 г $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), витрачається 26,32 мл розчину HCl . Визначити: а) T_{HCl} ; б) $T_{\text{HCl}/\text{K}_2\text{O}}$; в) $C_n(\text{HCl})$.
60. Наважка $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,07920 г розчинена і відтитрована розчином NaOH якого витрачено 24,12 мл. Визначити K_{NaOH} .
61. На титрування 20 мл розчину HCl витрачається 18,68 мл 0,1 н розчину NaOH . Визначте: а) K_{HCl} ; б) $T_{\text{HCl}/\text{Na}_2\text{O}}$.
62. Для встановлення титру розчину H_2SO_4 взято 20,00 мл 0,1 н "фіксаналу" бури. На титрування пішло 19,20 мл установлюючого розчину. Визначте:

а) $C_H(H_2SO_4)$; б) $T_{H_2SO_4}$.

63. При встановленні титру розчину NaOH взято 15,00 мл розчину 0,1 н "фіксаналу" HCl. На титрування витрачено 18,05 мл установлюючого розчину. Визначте: а) $C_H(NaOH)$; б) T_{NaOH} .
64. Вміст ампули "фіксанал" 0,1 н H_2SO_4 перенесено в мірну колбу на 500 мл і розбавлено водою до мітки. На титрування 20,00 мл одержаного розчину витрачається 18,82 мл розчину NaOH. Визначити: а) K_{NaOH} ; б) $T_{NaOH/HCl}$.
65. Вміст ампули "фіксанал" 0,1 н NaOH перенесено в мірну колбу на 200 мл і розбавлено до мітки водою. На титрування 25,00 мл розчину HNO_3 витрачено 25,68 мл розчину "фіксаналу". Визначити: а) $C_H(HNO_3)$; б) $T_{HNO_3/NaOH}$.
66. Обчисліть наважку зразку каустичної соди для аналізу на вміст Na_2O , якщо її розчинити в мірній колбі на 200 мл і титрувати 0,1 н HCl.
67. Яку наважку купоросного масла $\rho=1,75 \text{ г/см}^3$ треба взяти для аналізу на вміст SO_3 , користуючись мірною колбою на 1000 мл і як робочий розчин використати 0,05 н розчин NaOH?
68. Скільки мілілітрів технічної хлоридної кислоти $\rho=1,149 \text{ г/см}^3$ треба взяти для визначення в ній HCl, щоб на титрування розрахованої наважки в мірній колбі на 250 мл, витрачалось 20 мл 0,2 н NaOH.
69. Яку наважку каустичної соди треба взяти для аналізу на вміст NaOH, щоб на титрування одержаного розчину в присутності метилового оранжевого витрачалось біля 30 мл 0,5 н HCl?
70. На титрування 20,00 мл розчину NaOH витрачається 22,40 мл HCl ($K=0,9325$ до 0,1 н). Скільки грамів NaOH в 1000 мл розчину?
71. В мірній колбі на 1000 мл розчинена невідома кількість H_2SO_4 . На титрування 25,00 мл розчину витрачається 30,45 мл 0,1025 н NaOH. Скільки грамів H_2SO_4 було введено в колбу?
72. Наважка каустику 2,1060 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. Одержаним розчином титрують 25,00 мл розчину HCl ($K=0,9850$ до 0,1 н), на що витрачається 24,50 мл розчину лугу, що аналізують. Обчисліть масову частку Na_2O в зразку?

73. Наважка купоросного масла 11,6500 г розчинена в мірній колбі на 1000 мл. Одержаним розчином титрують 25,00 мл розчину КОН ($K=1,1240$ до $0,2$ н) і при цьому витрачається 26,80 мл аналізуючого розчину. Обчисліть масову частку КОН в зразку?
74. Наважка гідроксиду калію 7,6240 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25 мл одержаного розчину витрачається 32,20 мл HCl ($T_{\text{HCl/Na}_2\text{O}} = 0,006442$ г/см³). Обчисліть масову частку КОН в зразку.
75. В мірну колбу на 1000 мл введено із бюретки 29,50 мл H₂SO₄ ($\rho = 1,553$ г/см³). На титрування 25,50 мл 0,5378 н NaOH витрачається 22,20 мл одержаного розчину кислоти. Обчисліть масову частку SO₃ в зразку.
76. На нейтралізацію розчину, одержаного розчиненням 0,1822 г купоросного масла, витрачається 30,30 мл розчину NaOH ($T_{\text{NaOH/H}_2\text{SO}_4} = 0,005020$). Обчисліть масову частку SO₃ в зразку.
77. На титрування розчину, одержаного розчиненням 3,1580 г калій гідроксиду, витрачається 27,45 мл розчину HCl ($T_{\text{HCl/NaOH}} = 0,07862$ г/см³). Обчисліть масову частку КОН в зразку.
78. Для виконання аналізу розчинено 2,3200 г каустичної соди. Одержаний розчин відтитрований 1,9640 н HCl. На це витрачається 28,80 мл HCl. Обчисліть масову частку Na₂O в зразку.
79. На титрування розчину одержаного розбавленням 1,00 мл H₂SO₄ ($\rho=1,716$ г/см³) витрачається 49,00 мл розчину NaOH ($K=1,1280$ до $0,5$ н). Обчисліть масову частку SO₃ в зразку.
80. В мірній колбі на 1000 мл розбавлено до мітки 50,00 мл КОН ($T_{\text{KOH}} = 0,04904$ г/см³). На титрування витрачається 26,88 мл приготовленого розчину кислоти. Визначте вміст HNO₃ у вихідному розчині.
81. В мірну колбу на 500 мл поміщено 25,00 мл HCl ($\rho = 1,9$ г/см³). Об'єм доведено водою до мітки. На титрування 20,00 мл розчину витрачається 25,13 мл розчину натрій гідроксиду ($T=0,01976$ г/см³). Яка C_{H} вихідного розчину кислоти і масова частка HCl.
82. Наважка кристалічної соди 7,2860 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25 мл одержаного розчину в присутності метилового оранжевого

- витрачається 22,75 мл H_2SO_4 ($T = 0,01020 \text{ г/см}^3$). Обчисліть масову частку Na_2CO_3 в зразку.
83. В мірній колбі на 200 мл приготовлений розчин із 2,7350 г натрій карбонату. На титрування 20,00 мл одержаного розчину в присутності метилоранжу витрачається 18,65 мл HCl ($T=0,003854 \text{ г/см}^3$). Обчисліть масову частку води в зразку, якщо відомо, що в ньому відсутні домішки.
84. Наважка перекристалізованої оксалатної кислоти (х.ч.) 2,6910 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25,00 мл 0,09768 н NaOH пішло 28,60 мл приготовленого розчину. Докажіть, що кристалогідрат оксалатної кислоти кристалізується з двома молекулами води.
85. До 25,00 мл розчину KOH невідомої концентрації прилито 50,00 мл розчину H_2SO_4 ($K=0,9500$ до 0,1 н). На титрування надлишку кислоти пішло 28,90 мл розчину NaOH ($K= 0,8570$ до 0,1 н). Яка C_n розчину KOH .
86. Наважка кальциту 1,5780 г розчинена в 50,00 мл хлоридної кислоти ($T=0,04000 \text{ г/см}^3$). Після закінчення розчинення і виділення CO_2 розчин перелито в мірну колбу на 500 мл і доведено до мітки. На титрування 50 мл одержаного розчину витрачається 23,45 мл розчину NaOH ($T = 0,004000 \text{ г/см}^3$). Обчисліть масову частку CaCO_3 в зразку.
87. В 50,00 мл розчину HCl ($K=1,250$ до 0,1 н) введено амоніак, одержаний із 0,3967 г амонійної солі. На титрування надлишку пішло 15,20 мл розчину NaOH ($K= 0,980$ до 0,1 н). Обчисліть масову частку Нітрогену в солі.
88. Із 0,2229 г амонійної солі відігнано амоніак в 100,00 мл розчину HCl ($K=0,9658$ до 0,1н). На титрування надлишку кислоти витрачено 51,19 мл розчину NaOH ($K=1,0720$ до 0,1 н). Обчисліть масову частку NH_3 в солі.
89. Наважка мармуру 0,5668 г розчинена в 30,00 мл HCl ($T=0,0287 \text{ г/см}^3$). На титрування надлишку HCl пішло 14,10 мл 0,8818 н NaOH . Обчисліть масову частку некарбонатних домішок в зразку.
90. Із 6 г досліджуваного зразка приготовлено 250 мл розчину. На нейтралізацію 25 мл в присутності фенолфталеїну витратили 18 мл 0,5 н хлоридної кислоти, а в присутності метилоранжу - 25,00 мл тієї ж кислоти. Визначіть масову частку NaOH і Na_2CO_3 в зразку.

91. Наважку досліджуваного зразку 0,9184 г розчинено в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл розчину в присутності фенолфталеїне витрачається 20,70 мл, а в присутності метилового оранжевого - 21,48 мл 0,1042 н HCl. Обчисліть масову частку NaOH і Na₂CO₃ в зразку.
92. Наважка зразку натрій гідроксиду 0,2298 г, частково перетвореного в соду, розчинена в довільному об'ємі води і відтитрована хлоридною кислотою (K=0,897 до 0,2 н). На це в присутності фенолфталеїну витрачено 29,65 мл розчину HCl. В титруючий розчин додано метиловий оранжевий, доливаючи з бюретки, розчин дотитровано до зміни його забарвлення, другий відлік за бюреткою - 30,90 мл. Обчисліть масову частку NaOH і Na₂CO₃ в зразку.
93. Для аналізу води на карбонатну твердість взято 200,00 мл, на титрування яких витрачено 3,84 мл HCl (T=0,004102 г/см³). Визначте твердість води в мг-екв/л.
94. На титрування 200 мл води витрачено 2,60 мл розчину HCl (T=0,004023 г/см³). Визначити карбонатну твердість зразку води в мг-екв/л.
95. Аналізують воду на твердість. Об'єм води 100,00 мл; K_{HCl}=0,9968 до 0,1 н; об'єм розчину HCl, витрачений на титрування 1,20 мл. Визначте карбонатну твердість зразку, виразивши її в мг-екв/л.
96. Визначте молярну концентрацію еквівалента і титр розчину калій гідроксиду, якщо на титрування наважки 0,1495 г H₂C₄H₄O₄, яка була розчинена у воді, витрачено 25,2 мл розчину лугу.
97. Визначте масову частку H₂C₂O₄·2H₂O в препараті етандієвої кислоти, якщо на титрування наважки 0,1500 г кислоти, яка була розчинена у воді, витрачено 25,6 мл 0,0900 н розчину KOH.
98. Обчисліть титр хлоридної кислоти за кальцій оксидом, якщо на титрування розчину, що містить 0,1114 г CaCO₃, витрачено 27,65 мл розчину хлоридної кислоти.
99. Наважку шлаку 1,2436 г розчинили в 50 мл 0,1 н розчину хлоридної кислоти. На титрування надлишку кислоти витрачено 30 мл 0,1 н розчину натрій гідроксиду. Визначте масову частку CaO в шлаці.

100. Наважку мarmуру масою 0,5668 г розчинили у 30 мл хлоридної кислоти з $T_{HCl} = 0,002871 \text{ г/см}^3$. Надлишок кислоти відтитрували 14,1 мл 0,8718 М розчину натрій гідроксиду. Обчисліть масову частку некарбонатних домішок у мarmурі.
101. До розчину $(NH_4)_2SO_4$ додали 25 мл розчину $NaOH$ з $T = 0,008922 \text{ г/см}^3$. Розчин кип'ятили до повного виділення амоніаку. На титрування надлишку $NaOH$ витратили 8,65 мл розчину HCl з $T = 0,007236 \text{ г/см}^3$. Обчисліть масу $(NH_4)_2SO_4$ у розчині.
102. Наважку бури масою 2,0712 г розчинили у воді і отримали 100 мл розчину. На титрування 20 мл розчину витратили 21,8 мл розчину HCl . $T_{HCl/NaOH} = 0,003974 \text{ г/см}^3$. Визначте масову частку Натрій тетраборату ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) у бурі, яку аналізували.
103. Визначте наважку естандіової кислоти для приготування 200 мл розчину, якщо на титрування 20 мл цього розчину витратили 40 мл 0,1 М розчину натрій гідроксиду.
104. Наважку $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ масою 0,7500 г розчинили у воді, додали 25 мл розчину KOH . Надлишок KOH відтитрували 4,02 мл 0,1250 н розчину HCl . Розрахуйте молярну концентрацію еквівалента розчину калій гідроксиду.

6.5.2. Окисно-відновне титрування (Оксредметрія)

1. Для визначення Сульфур у сталі наважку 4,0000г спалили в печі у потоці Оксигену. Отриманий газ SO_2 поглинули водою і відтитрували 1,6 мл розчину I_2 , титр якого дорівнює 0,0066г/мл. Розрахуйте масову частку Сульфур у сталі.
2. Визначте масу наважки хімічно чистого $K_2Cr_2O_7$, необхідну для приготування 500 мл 0,1125 н розчину $K_2Cr_2O_7$. Реактив використовується у методі окисно-відновного титрування.
3. Наважку руди 2,0410 г розчинили у мірній колбі ємкістю 200 мл. На титрування 10 мл розчину було витрачено 12,46 мл 0,1041 н розчину $KMnO_4$. Розрахуйте масову частку Феруму в руді.

4. Обчисліть масу наважки хімічно чистого $K_2Cr_2O_7$, яку необхідно узяти для приготування 250 мл розчину з титром розчину $K_2Cr_2O_7$ за залізом $0,0061 \text{ г/см}^3$.
5. До наважки масою $0,1508 \text{ г}$ $K_2Cr_2O_7$ додали надлишок KI і HCl . На титрування йоду, що виділився в результаті реакції, пішло $22,55 \text{ мл}$ розчину $Na_2S_2O_3$. Розрахуйте молярну концентрацію і титр розчину $Na_2S_2O_3$ за йодом.
6. Наважку сплаву $2,2448 \text{ г}$ розчинили у мірній колбі ємкістю 250 мл . На титрування 25 мл отриманого розчину витрачено 30 мл $0,1021 \text{ н}$ розчину $KMnO_4$. Розрахуйте масову частку Стануму в сплаві.
7. Визначте масу наважки хімічно чистого Калій йодиду, необхідну для приготування 200 мл розчину такої концентрації, щоб на титрування цього розчину пішло 15 мл $0,1 \text{ н}$ розчину Купрум (II) сульфату.
8. Вміст Феруму в руді складає $49,52 \%$. Визначте масу наважки руди, яку необхідно узяти, щоб на титрування розчину пішло 20 мл $0,2594 \text{ н}$ розчину $KMnO_4$.
9. Наважку вапняку $0,1836 \text{ г}$ розчинили у хлоридній кислоті. Кальцій осадили у вигляді CaC_2O_4 . Потім промитий осад розчинили у сульфатній кислоті. Розчин відтитрували $22,3 \text{ мл}$ $KMnO_4$ з $T_{KMnO_4/CaCO_3} = 0,005820 \text{ г/см}^3$.
Обчисліть масову частку $CaCO_3$ у вапняку.
10. Визначте наважку руди, що вміщує 70% Fe_2O_3 , яку треба взяти для аналізу, щоб після відповідної обробки на титрування солі Феруму (II) було витрачено 30 мл $0,1 \text{ н}$ розчину $KMnO_4$.
11. Розрахуйте масову частку Феруму в залізному дроті, якщо після відповідної обробки наважки дроту масою $0,1400 \text{ г}$ отриманий розчин $FeSO_4$ відтитрували $24,85 \text{ мл}$ $0,1 \text{ н}$ розчину $KMnO_4$.
12. Наважка $1,4352 \text{ г}$ залізної руди відновлена і розбавлена в мірній колбі на 200 мл . На титрування $10,00 \text{ мл}$ цього розчину, взятого піпеткою, витрачається $9,9 \text{ мл}$ розчину $KMnO_4$ із бюретки; $C_n (KMnO_4) = 0,05015 \text{ н}$.

Обчисліть масову частку заліза в наважці залізної руди (в %).

13. Скільки грамів KMnO_4 потрібно для приготування 750 мл 0,05 н розчину? Розчин використовують для титрування а кислому середовищі.
14. Скільки грамів KMnO_4 треба взяти для приготування 1,5 л $\sim 0,2$ н розчину? Розчин використовують для титрування а кислому середовищі.
15. Скільки грамів KMnO_4 потрібно для приготування 1250 мл розчину, титр якого $0,001617 \text{ г/см}^3$.
16. Скільки грамів KMnO_4 треба взяти для приготування 1 л розчину у якого $K = 1,125$ до 0,05 н.
17. Скільки грамів KMnO_4 треба взяти для приготування 5 л розчину, у якого $T(\text{KMnO}_4/\text{Fe}) = 0,005585 \text{ г/см}^3$?
18. Скільки грамів KMnO_4 треба взяти для приготування 800 мл розчину, у якого $T \text{ KMnO}_4/\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 0,003350 \text{ г/см}^3$?
19. Скільки грамів $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) треба взяти для приготування 500 мл $\sim 0,2$ н розчину?
20. Скільки грамів $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (х.ч.) треба взяти для приготування 200 мл розчину, необхідного для встановлення $\sim 0,1$ н KMnO_4 ?
21. Обчисліть наважку $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) необхідну для приготування 200 мл розчину, призначеного для встановлення $\sim 0,05$ н KMnO_4 .
22. Обчисліть наважку натрій оксалату для приготування 250 мл розчину, призначеного для встановлення титру $\sim 0,01$ н KMnO_4 .
23. Скільки грамів безводної $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (х.ч.) треба взяти для встановлення титру $\sim 0,1$ н KMnO_4 методом окремих наважок, щоб на титрування одержаного розчину витрачалось біля 25 мл установлюючого розчину.
24. Взято 0,32 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) для встановлення $\sim 0,1$ н KMnO_4 методом окремих наважок. Чи можна використати цю наважку, якщо об'єм бюретки для титрування 50 мл?
25. Наважка. 0,34 г $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ розчинена в довільному об'ємі води, підкислена і відтитрована 0,2н. KMnO_4 із бюретки на 25 мл. Чи вистачило об'єму бюретки на титрування?
26. Для встановлення титру розчину KMnO_4 приготовлено розчин із 1,5020 г

- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл цього розчину витрачається в середньому 23,68 мл установлюючого розчину KMnO_4 . Визначіть а) T_{KMnO_4} ; б) $T_{\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$; в) C_{H} ; г) K_{KMnO_4}
27. Наважка 1,2500 г натрій оксалату (х.ч.) розчинена в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачається 21,20 мл установлюючого розчину калій перманганату. Визначіть: а) C_{H} (KMnO_4); б) K_{KMnO_4} ; в) T_{KMnO_4} .
28. Із 3,500 г кристалогідрату амоній оксалату (х.ч.) в мірній колбі на 500 мл приготовлено вихідний розчин для встановлення титру робочого розчину KMnO_4 . На титрування 25,00 мл вихідного розчину пішло 24,90 мл розчину KMnO_4 . Визначіть а) C_{H} (KMnO_4); б) K_{KMnO_4} ; в) T_{KMnO_4} ; г) $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}}$.
29. Наважка 1,2540 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) розчинена в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину витрачається 22,40 мл розчину KMnO_4 . Визначіть а) C_{H} (KMnO_4); б) K_{KMnO_4} ; в) $T_{\text{KMnO}_4/\text{FeSO}_4}$.
30. Наважка 0,7120 г кристалічного амоній оксалату, (х.ч.) розчинена в мірній колбі на 200 мл. На титрування 25,00 мл цього розчину витрачається 18,90 мл розчину KMnO_4 . Визначіть а) T_{KMnO_4} ; б) $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}}$.
31. Для встановлення титру розчину KMnO_4 наважка 0,8530 г безводної $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ розчинена в мірній колбі на 200 мл. На 20,00 мл цього розчину при титруванні витрачається 21,20 мл установлюючого розчину. Визначіть а) C_{H} (KMnO_4); б) K_{KMnO_4} ; в) T_{KMnO_4} .
32. Наважка 0,06895 г безводної $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ розчинена в довільному об'ємі води і повністю відтитрована установлюючим розчином KMnO_4 , якого витрачено 30,82 мл. Визначіть а) C_{H} (KMnO_4); б) K_{KMnO_4} ; в) T_{KMnO_4} .
33. На титрування розчину, одержаного розчиненням 0,1522 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в довільному об'ємі води витрачається 24,68 мл установлюючого розчину KMnO_4 . Визначіть а) C_{H} (KMnO_4); б) K_{KMnO_4} ; в) T_{KMnO_4} .
34. Наважка $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 1,2640 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. Скільки мілілітрів розчину KMnO_4 ($K = 0,9864$ до 0,1 н) витрачається на титрування 20,00 мл одержаного розчину натрій оксалату?
35. Наважка $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 1,6260 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. Який об'єм

- 0,09768 н KMnO_4 витрачається на титрування 25,00 мл розчину натрій оксалату?
36. Наважка $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,7564 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. Скільки мілілітрів розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4}=0,001616$ г/см³) витрачається на титрування 25,00 мл розчину оксалатної кислоти?
37. Наважка $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1,6540 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. Скільки мілілітрів розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4}=0,001616$ г/см³) витрачається на титрування 20,00 мл розчину оксалатної кислоти?
38. Розрахуйте наважку технічного кристалічного залізного купоросу для визначення в ньому вмісту FeSO_4 перманганатометричним методом, якщо концентрація робочого розчину $\text{KMnO}_4 \sim 0,1$ н, а об'єм мірної колби для розчинення наважки 250 мл.
39. Яку наважку технічного натрій оксалату треба взяти для аналізу на вміст $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, якщо концентрація робочого розчину $\text{KMnO}_4 \sim 0,05$ н, а об'єм мірної колби 250 мл.
40. Яку наважку технічної кристалічної оксалатної кислоти треба взяти для аналізу на вміст основного продукту $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, якщо для титрування застосовується $\sim 0,1$ н KMnO_4 , а об'єм мірної колби для розчинення наважки 500 мл?
41. Розрахуйте наважку технічного одноводного амоній оксалату для аналізу на вміст основного продукту, якщо для титрування буде застосовуватися робочий розчин KMnO_4 , коефіцієнт поправки якого $K=1,042$ до 0,1 н, а об'єм мірної колби для розчинення наважки 500 мл?
42. Яку наважку сплаву треба взяти для визначення вмісту заліза перманганатометричним методом, якщо наважка після розчинення і відновлення буде розбавлена в мірній колбі на 250 мл; концентрація розчину KMnO_4 0,1н, а вміст заліза в сплаві ~ 20 %?
43. Зразок технічного натрій сульфіту містить ~ 45 % Na_2SO_3 . Яку наважку треба розчинити в мірній колбі ємкістю 200 мл для аналізу на вміст основного продукту з допомогою $\sim 0,05$ н KMnO_4 ?
44. Розрахувати наважку технічної оксалатної кислоти, що містить 70%

- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, для аналізу на вміст основного продукту з допомогою $\sim 0,2$ н. KMnO_4 методом окремих наважок, якщо використовувати бюретку на 50 мл?
45. Яку наважку технічного залізного купоросу, що містить $\sim 15\%$ FeSO_4 , треба взяти для визначення в зразку FeSO_4 методом окремих наважок, якщо застосовувати $0,05$ н KMnO_4 і користуватись бюреткою на 50 мл?
 46. Обчисліть наважку залізної руди, необхідну для аналізу на вміст Fe перманганатометричним методом окремих наважок, якщо концентрація розчину $\text{KMnO}_4 \sim 0,2$ н, об'єм бюретки 50 мл, а очікуваний вміст Fe в зразку $\sim 40\%$.
 47. Наважка оксалатної кислоти розчинена в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачається 24,30 мл розчину KMnO_4 ($K=1,0142$ до $0,05$ н). Скільки грамів $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в наважці?
 48. Розчин амоній оксалату розбавлений водою в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину витрачається 19,85 мл розчину KMnO_4 ($K=0,8960$ до $0,1$ н). Скільки грамів $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в розчині?
 49. В мірній колбі на 200 мл приготовлено розчин оксалатної кислоти. На 20,00 мл цього розчину витрачається при титруванні 18,25 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4}=0,001616$ г/см³). Скільки грамів безводної $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ містилось в розчині?
 50. Наважка натрій оксалату розчинена в мірній колбі на 500 мл. На титрування 20 мл одержаного розчину витрачається 21,40 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4}=0,005751$ г/см³). Скільки грамів $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в наважці зразку?
 51. На титрування розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ витрачається 25,80 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}}=0,005585$ г/см³). Скільки грамів $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в об'ємі розчину, що титрували?
 52. На 20 мл розчину, одержаного розчиненням наважки сплаву, витрачається при титруванні для визначення Феруму 41,50 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}}=0,002980$ г/см³). Скільки грамів Fe було в наважці сплаву?
 53. На титрування розчину FeSO_4 витрачено 21,60 мл розчину KMnO_4 ($T=0,002852$ г/см³). Скільки грамів FeSO_4 в розчині?

54. Наважка залізної руди після розчинення і відновлення відтитрована розчином KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4}=0,001842 \text{ г/см}^3$) витрачений об'єм 42,35 мл. Скільки грамів Fe_2O_3 в наважці?
55. Скільки грамів Ферум-йону в розчині, якщо на його титрування витрачається 26,65 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}}=0,003040 \text{ г/см}^3$)?
56. Скільки грамів $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в розчині, якщо на його титрування витрачається 26,75 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} = 0,01122 \text{ г/см}^3$)?
57. Наважка амоній оксалату 1,9710 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25,00 мл цього розчину витрачається 28,25 мл розчину KMnO_4 . Обчисліть масову частку $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в зразку, якщо $K_{\text{KMnO}_4}= 0,9530$ до 0,05н.
58. Обчисліть масову частку $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в зразку, якщо наважку 3,3900 г розчинили в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачається 23,52 мл 0,1124 н розчину KMnO_4 .
59. Наважка технічного залізного купоросу 7,1500 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачається 24,48 мл 0,0986 н KMnO_4 . Обчисліть масову частку $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в зразку.
60. Наважка зразку залізної руди 1,7950 г розчинена, відновлена, розчин розбавлений в мірній колбі до об'єму 250 мл. На титрування 20,00 мл одержаного розчину витрачається 18,65 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4} = 0,001842 \text{ г/см}^3$). Обчисліть масову частку Fe в зразку.
61. Наважка зразку технічного залізного купоросу 15,9900 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25,00 мл розчину витрачається 27,80 мл розчину KMnO_4 ($T_{\text{KMnO}_4} = 0,003218 \text{ г/см}^3$). Обчисліть масову частку $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в зразку.
62. Наважка зразку технічного натрій сульфіту 2,6770 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл розчину витрачається 19,20 мл KMnO_4 . Обчисліть масову частку в зразку: а) Na_2SO_3 ; б) $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, якщо $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} = 0,005585 \text{ г/см}^3$?
63. Для аналізу технічного натрій нітриту 1,3730 г його розчинено в мірній колбі на 200 мл. Цим розчином титрують 20,00 мл розчину KMnO_4 (K_{KMnO_4}

- = 0,9870 до 0,05 н). Розчину, що аналізують витрачено 26,90 мл. Обчисліть масову частку NaNO_2 в зразку.
64. Наважка натрій нітриту 0,9457 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл розчину KMnO_4 , у якого $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,007985 \text{ г/см}^3$, витрачається 16,85 мл розчину нітриту. Обчисліть масову частку NaNO_2 в зразку.
 65. Наважка зразку технічного залізного купоросу 0,7220 г розчинена у воді та повністю відтитрована калій перманганатом ($T_{\text{KMnO}_4} = 0,003161 \text{ г/см}^3$). На титрування пішло 23,20 мл. Обчисліть масову частку $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в зразку.
 66. Наважка 0,1709 г залізної руди розчинена і відновлена. Одержаний розчин відтитрований 38,42 мл 0,0505 н розчину KMnO_4 . Обчисліть масову частку Fe_2O_3 в зразку.
 67. Розчин 0,2343 г натрій сульфїту відтитрований 34,50 мл розчину KMnO_4 ($K = 0,9832$ до 0,05 н). Обчисліть масову частку безводного Na_2SO_3 в зразку.
 68. Наважка зразку піролюзиту 0,3812 г оброблена 0,4220 г $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. На титрування непрореагованого надлишку оксалатної кислоти витрачено 15,05 мл розчину KMnO_4 ($K = 0,9850$ до 0,1 н). Обчисліть масову частку MnO_2 в зразку.
 69. При аналізі зразку піролюзиту на вміст MnO_2 одержані наступні дані: наважка піролюзиту 0,4012 г, наважка $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,4488 г, витрата розчину KMnO_4 30,20 мл; $K_{\text{KMnO}_4} = 0,0120$ до 0,05 н. Обчисліть масову частку MnO_2 в зразку.
 70. Наважка зразка піролюзиту 0,4036 г оброблена 50,00 мл розчину оксалатної кислоти ($K = 0,9750$ до 0,1 н). Надлишок непрореагованої кислоти відтитровано 15,90 мл розчину KMnO_4 ($K = 1,125$ до 0,1 н). Обчисліть масову частку MnO_2 в зразку.
 71. Наважка калій хлорату 0,1510 г розчинена і оброблена 100,00 мл 0,09852 н розчином $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. На титрування надлишку оксалату натрію витрачено 48,60 мл розчину KMnO_4 ($K = 1,0640$ до 0,05 н). Обчисліть масову частку KClO_3 в зразку.
 72. Скільки грамів йоду (х. ч.) потрібно для приготування 250 мл $\approx 0,05$ н

розчину?

73. Скільки грамів кристалічного натрій тіосульфату потрібно для приготування 1,5 л $\approx 0,1$ н розчину?
74. Яку наважку кристалічного натрій тіосульфату треба взяти для приготування 800 мл $\approx 0,05$ н розчину?
75. Скільки грамів калій дихромату (х. ч.) потрібно для приготування 500 мл розчину, необхідного для встановлення титру $\approx 0,1$ н $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$?
76. Скільки грамів калій дихромату (х. ч.) потрібно для приготування 200 мл $\approx 0,1$ н. розчину?
77. Обчисліть наважку $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (х. ч.) необхідну для встановлення титру 0,05 н $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ методом окремих наважок, якщо на титрування одержаного розчину повинно витратитися ~ 25 мл розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
78. Скільки грамів $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (х. ч.) треба взяти для встановлення титру 0,05 н $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ методом окремих наважок, користуючись бюреткою на 50 мл?
79. Для встановлення титру $\approx 0,1$ н $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ методом окремих наважок взято 0,1190 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (х. ч.). Визначте чи достатній для титрування об'єм бюретки 50 мл?
80. До 20,00 мл розчину йоду прилито 45,00 мл розчину натрій тіосульфату ($K=0,9862$ до 0,05 н), після чого добавили 1 мл розчину крохмалю. Синім чи безбарвним буде розчин?
81. До розчину, одержаного розчиненням 0,1432 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (х. ч.) добавлена кислота, калій йодид, крохмаль і 25,00 мл натрій тіосульфату ($K = 1,1010$ до 0.1 н.). Чи знебарвиться розчин?
82. Наважка йоду (х. ч.) 1,2620 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. Знайти титр розчину.
83. Наважка йоду (х. ч.) 2,9840 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. Знайти нормальну концентрацію (C_n) розчину і титр розчину йоду за $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
84. При встановленні титру розчину натрій тіосульфату взято 1,1780 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (х. ч.) і розчинено в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл розчину (після відповідної обробки) витрачено 23,38 мл розчину натрій

тіосульфату. Знайти C_H і K розчину натрій тіосульфату.

85. Наважка $K_2Cr_2O_7$ (х.ч.) 0,1180 г в кислому середовищі оброблена калій йодидом і відтитрована розчином натрій тіосульфату, якого витрачено 23,80 мл. Знайти титр розчину натрій тіосульфату.
86. На титрування йоду, виділеного із розчину йодиду наважкою 0,1154 г калій дихромату витрачається 23,74 мл розчину натрій тіосульфату. Знайти: а) $T_{Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O}$; б) $T_{Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O / I}$.
87. На титрування йоду, виділеного із калій йодиду 12,50 мл розчину $KMnO_4$ ($T = 0,001544$ г/см³), витрачено 17,05 мл розчину $Na_2S_2O_3$. Чому дорівнює: а) $T_{Na_2S_2O_3}$; б) $C_H(Na_2S_2O_3)$; в) K розчину натрій тіосульфату?
88. Взято 20,00 мл розчину $KMnO_4$ ($K = 1,056$ до 0,1 н). Після добавлення KI і HCl цей розчин відтитрований розчином натрій тіосульфату, якого витрачено 18,50 мл. Знайти: а) $T_{Na_2S_2O_3}$; б) $C_H(Na_2S_2O_3)$; в) K розчину натрій тіосульфату?
89. Яку наважку зразку хлорного вапна, що містить ~ 25% активного хлору, треба взути для аналізу, якщо наважку розчинити в мірній колбі на 500 мл, а робочий розчин натрій тіосульфату ~ 0.2 н?
90. Яку наважку натрій дихромату треба взяти для аналізу на вміст $Na_2Cr_2O_7$, якщо в зразку -15 % вологи і ~ 5 % нерозчинених домішок? Об'єм мірної колби для розчинення наважки 250 мл, робочий розчин тіосульфату ~0,1 н.
91. Для аналізу натрій тіосульфату на вміст основного продукту взята наважка 15,9800 г і розчинена в мірній колбі на 500 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачається 30,60 мл робочого розчину йоду ($K=0,9780$ до 0,1н). Обчисліть масову частку $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ в зразку.
92. Наважка натрій сульфідіду 0,9432 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. На титрування 2000 мл цього розчину витрачається 15,42 мл робочого розчину йоду ($K= 1,2040$ до 0,1н.). Обчисліть масову частку Na_2S в зразку.
93. Наважка натрій сульфїту 7,3460 г розчинена в мірній колбі на 1000 мл. Одержаним розчином відтитровано 20,00 мл розчину йоду ($C_H=0,05140$). На це витрачено 23,15 мл аналізуючого розчину. Обчисліть масову частку Na_2SO_3 в зразку.

94. Наважка натрій тіосульфату 1,4460 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. Одержаним розчином відтитровано 20,00 мл розчину йоду ($K = 1,0250$ до $0,01n$). На це витрачено 18,95 мл титруючого розчину. Обчисліть масову частку $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ в зразку.
95. Наважка хлорного заліза 4,8900 г розчинена в мірній колбі на 250 мл. 25,00 мл цього розчину оброблено в кислому середовищі калій йодидом і відтитровано розчином натрій тіосульфату ($K = 0,9230$ до $0,1n$). Витрачено його 32,1 мл. Обчисліть масову частку $FeCl_3$ в зразку.
96. Для аналізу йоду, що містить нерозчинені домішки взято наважку масою 1,6220 г і розчинено в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25 мл одержаного розчину витрачається 19,95 мл розчину натрій тіосульфату ($K = 1,0500$ до $0,05n$). Обчисліть масову частку йоду в зразку.
97. Наважка хлорного вапна 3,3590 г розбавлена в мірній колбі на 250 мл. На титрування 25,00 мл одержаної суспензії після обробки пішло 18,29 мл розчину натрій тіосульфату ($T = 0,02453$ г/см³). Обчисліть масову частку активного хлору в зразку.
98. Наважка сульфїту натрію 0,3595 г розчинена в довільному об'ємі води. Одержаний розчин відтитровано розчином йоду ($T = 0,01142$ г/см³), на що його пішло 28,65 мл. Обчисліть масову частку $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ в зразку.
99. Наважка калій йодиду 4,3780 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. На титрування 20,00 мл цього розчину після обробки окисником пішло 23,16 мл розчину тіосульфату ($T_{Na_2S_2O_3/K_2Cr_2O_7} = 0,005148$ г/см³). Обчисліть масову частку KJ в зразку.
100. Наважка сульфїду натрію 3,9050 г розчинена в мірній колбі на 500 мл. До 20,00 мл цього розчину прилито 40,00 мл розчину йоду ($K = 0,9342$ до $0,2n$). На титрування надлишку йоду витрачено 41,25 мл розчину тіосульфату натрію ($K = 0,9520$ до $0,1n$). Обчисліть масову частку Na_2S в зразку.
101. Наважка сульфїду натрію 0,0902 г розчинена. Добутий розчин відтитровано розчином йоду, об'єм якого становить 18,20 мл. Обчисліть масову частку Na_2S в зразку, якщо титр розчину йоду $0,01320$ г/см³.
102. Наважка сульфїту натрію 2,2590 г розчинена в мірній колбі на 200 мл. До

- 20 мл цього розчину прилито 40,00 мл йоду ($K=0,8822$ до $0,1N$). На титрування надлишку йоду пішло 23,16 мл Na_2SO_3 ($K=1,1990$ до $0,1N$). Обчисліть масову частку Na_2SO_3 в зразку.
103. До 10,00 мл сірководневої води прилито 50,00 мл розчину йоду. На титрування надлишку йоду пішло 32,79 мл розчину натрій тіосульфату. Обчисліть масову частку H_2S в воді, якщо: $K_j=1,1120$ до $0,1$ н, а $K_{Na_2S_2O_3} = 0,9730$ до $0,1$ н.
104. Наважка сульфату натрію 0,3878 г розчинена і оброблена 50,00 мл розчину йоду. Надлишок йоду відтитровано 25,40 мл розчину натрій тіосульфату. $T_j = 0,01245$ г/см³; $T_{Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O} = 0,02502$ г/см³. Обчисліть масову частку Na_2SO_3 в зразку.
105. Скільки мг J_2 виділиться, якщо до 20,00 см³ 0,15254 н розчину калій дихромату додати надлишок KJ ? Скільки см³ 0,0825 н розчину $Na_2S_2O_3$ витратиться на титрування цієї кількості йоду?
106. Розрахуйте масову частку (%) Cu^{2+} в солі, якщо на титрування йоду, який виділився при взаємодії 0,5420 г цієї солі з надлишком KJ , витрачено 32,70 см³ 0,0500 н розчину $Na_2S_2O_3$.

6.5.3. Комплексометричне та осаджувальне титрування (седиметрія)

1. Визначте масову частку Цинку в руді, якщо на титрування розчину, виготовленого з наважки руди 0,9030 г, було витрачено 19,51 мл 0,1015 н розчину Трилону Б.
2. Наважку сплаву 0,7420 г розчинили і на титрування Купруму було витрачено 15,21 мл 0,1024 н розчину $NaCNS$. Розрахуйте масову частку Купруму в сплаві.
3. Наважку сплаву, що містить Купрум, масою 0,1200 г перевели у розчин. На титрування цього розчину було витрачено 13,80 мл $KCNS$ з титром розчину за речовиною, що визначається, 0,0066 г/см³. Визначте масову частку Купруму в сплаві.
4. Визначте вміст калій хлориду в 250 мл розчину, якщо на титрування 25 мл цього розчину витрачено 34 мл 0,1050 н розчину $AgNO_3$.

5. Наважку сплаву 1,0000 г розчинили у відповідній кислоті. Розчин, що містить Купрум, відтитрували 15,76 мл 0,3250 н розчином Калій ціаніду. Розрахуйте масову частку CuO в сплаві.
6. Наважку сплаву, що містить Аргентум, масою 0,2832 г розчинили в розчині нітратної кислоти. На титрування іонів Ag^+ витратили 22,4 мл 0,1 М розчину NH_4SCN . Обчисліть масову частку Аргентуму в сплаві.
7. Для визначення маси Алюмінію у розчині до нього добавили 15 мл 0,11 м розчину комплексну III. Надлишок реактиву відтитрували 12 мл 0,1021 м розчином $CaCl_2$ з мурексидом. Обчисліть масу Алюмінію у розчині.
8. Розрахувати скільки грамів трилону Б необхідно взяти для приготування 250 мл 0,05 н розчину.
9. Розрахувати наважку для приготування 2,5 л $\sim 0,1$ н робочого розчину трилону Б
10. Для визначення вмісту іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} у розчині потрібно приготувати 500 мл 0,01 н розчину трилону Б. Скільки грамів трилону Б треба зважити?
11. Для визначення титру розчину трилону Б взята наважка 0,3324 г стандартного зразка сплаву, що містить 98,24 % цинку, яка після розчинення переведена в мірну колбу місткістю 200 мл. На титрування 20,00 мл отриманого розчину витрачається 18,50 мл розчину трилону Б. Обчисліть: а) C_n розчину трилону Б; б) C_m розчину трилону Б; в) коефіцієнт поправки до найближчої округленої концентрації; г) $T_{тр \cdot Б}$; д) $T_{тр \cdot Б / Zn}$.
12. При визначенні загальної твердості на титрування 100 мл води було витрачено 18,10 мл розчину трилону Б ($K_{0,05н.тр.Б} = 1,240$). Обчисліть загальну твердість води в моль/л.
13. Розрахуйте загальну твердість води (моль/л), якщо при визначенні загальної твердості на титрування 200 мл води було затрачено 12,60 мл розчину трилону Б ($K_{0,02 н трилону Б} = 1,1260$).
14. Визначити загальну твердість води (моль/л), якщо для визначення загальної твердості взято 100 мл води і на її титрування витрачено 15,40 мл розчину трилону Б ($C_{н трилону Б} = 0,04870$ моль/л).

15. На титрування 50 мл твердої води було витрачено 8,20 мл розчину трилону Б ($T_{\text{тр.Б/Са}}=0,002004 \text{ г/см}^3$). Розрахуйте загальну твердість води (моль/л).
16. У 100 мл води осадили іони Ca^{2+} , на титрування іонів Mg^{2+} у фільтраті витратили 3,25 мл розчину трилона Б ($T_{\text{тр.Б.}}=0,008800 \text{ г/см}^3$). Обчисліть вміст іонів Mg^{2+} в аналізованій воді в моль/л і мг/л.
17. Визначити масу феруму у розчині ферум (III) сульфату, якщо на титрування 25,00 см^3 його витрачено 15,20 см^3 розчину KMnO_4 з титром $6,32 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$.
18. Яку масу безводного комплексону III необхідно взяти для приготування 200,00 см^3 0,1500 м розчину?
19. Наважка комплексону III масою 2,4545 г розчинена в мірній колбі місткістю 200,00 см^3 . Розрахуйте молярну концентрацію одержаного розчину комплексону III.
20. Обчисліть молярну концентрацію розчину комплексону III з титром 0,007865 г/см^3 .
21. Яка маса наважки необхідна для приготування 200,00 см^3 0,0500 м розчину цинк сульфату?
22. Обчисліть масу наважки комплексону III, що містить 0,3 % мас. води, яка необхідна для приготування 200,00 см^3 розчину з титром 0,007445 г/см^3 .
23. Скільки грамів цинк сульфату слід розчинити в 100,00 см^3 води для стандартизації 0,0500 м робочого розчину ЕДТА, якщо користуватися піпеткою на 25,00 см^3 і щоб на титрування витратилося 30,00 см^3 ЕДТА?
24. Яку наважку кальцій хлориду необхідно взяти при визначенні титру 0,5000 м розчину ЕДТА, щоб на титрування витратилося 30,00 см^3 останнього?
25. В мірній колбі місткістю 250,00 см^3 приготований 0,0500 м розчин комплексону III. Розрахуйте масу наважки ZnSO_4 , яка необхідна для встановлення точної концентрації розчину комплексону.
26. Обчисліть титр розчину комплексону III з молярною концентрацією 0,1345 М.
27. 1,5250 г безводного MgSO_4 розчинено в мірній колбі на 500,00 см^3 . На титрування 20,00 см^3 цього розчину використано 19,55 см^3 розчину ЕДТА. Визначте $C_{\text{н}}$ розчину ЕДТА і його титр за магнієм.

28. Який об'єм води треба додати до 1 дм³ 0,5678 м розчину цинк сульфату, щоб одержати 0,3000 м розчин?
29. Який об'єм 0,0500 М розчину $ZnSO_4$ треба додати до 100,00 см³ розчину $ZnSO_4$ з титром 0,0121 г/см³, щоб одержати розчин з титром 0,0322 г/см³?
30. Яка кількість Mg^{2+} міститься в розчині, на титрування якого витрачається 13,20 см³ 0,1500 м розчину комплексону III?
31. Скільки міліграмів мангану міститься в розчині, на титрування якого використовується 26,60 см³ 0,2000 н розчину ЕДТА?
32. Розрахуйте концентрацію купруму в розчині, якщо на титрування 10,00 см³ цього розчину використано 22,10 см³ 0,2500 н розчину ЕДТА.
33. На титрування 10,00 см³ розчину $NiSO_4$ витрачено 12,00 см³ 0,0543 м розчину ЕДТА. Визначити концентрацію (г/дм³) розчину нікель сульфату.
34. Визначити концентрацію (г/дм³) розчину $NiCl_2$, якщо на титрування 50,00 см³ його витрачено 24,50 см³ 0,0100 м розчину ЕДТА.
35. 5,00 см³ розчину $CaCl_2$ розбавили в мірній колбі місткістю 100,00 см³. На титрування аліквотної частини 15,00 см³ витрачено 17,30 см³ 0,0500 м розчину ЕДТА. Обчислити масову концентрацію $CaCl_2$ (г/дм³).
36. На титрування 10,00 см³ розчину, який містить іони Mg^{2+} , витрачено 24,00 см³ 0,1654 н розчину ЕДТА. Розрахувати вміст Mg^{2+} в розчині у г/дм³.
37. На титрування 50,00 см³ води в присутності амонійного буферного розчину і еріохрому чорного Т використано 11,50 см³ 0,1500 м розчину комплексону III. Розрахуйте молярну концентрацію Mg^{2+} в аналізованому зразку.
38. На титрування наважки препарату $CaCl_2$ масою 1,0550 г, що містить як домішку $NaCl$, використано 8,00 см³ 0,2200 м розчину комплексону III. Розрахуйте відсотковий вміст кальцій хлориду в препараті.
39. На титрування 28,00 см³ розчину комплексону III витрачено 27,75 см³ 0,2500 м розчину цинк сульфату. Обчисліть молярну концентрацію і титр розчину ЕДТА.
40. У мірній колбі місткістю 200,00 см³ у воді розчинено 1,1256 г $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. До 20,00 см³ одержаного розчину додано 25,00 см³ 0,01238 м розчину

- комплексону III, надлишок якого відтитровано $9,05 \text{ см}^3$ $0,01015 \text{ м}$ розчину $ZnSO_4$. Обчисліть масову частку (%) Mg^{2+} в аналізованій солі.
41. Наважка препарату $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ масою $0,5500 \text{ г}$ після розчинення у воді відтитрована $12,50 \text{ см}^3$ $0,0500 \text{ моль/дм}^3$ розчину комплексону III. Обчисліть масову частку домішок в аналізованому препараті.
42. До $25,00 \text{ см}^3$ розчину Zn^{+2} додано $50,00 \text{ см}^3$ $0,0250 \text{ м}$ розчину комплексону III. Надлишок комплексону III відтитрований $15,10 \text{ см}^3$ $0,0150 \text{ м}$ розчину магній сульфату. Обчисліть масу Zn^{+2} в $200,00 \text{ см}^3$ розчину.
43. Цукор може містити іони Ca^{2+} , якими його очищають. Обчисліть масову частку (%) Ca^{2+} в аналізованому зразку цукру, якщо до $10,00 \text{ г}$ останнього додано $25,00 \text{ см}^3$ розчину комплексону III з титром $0,05544 \text{ г/см}^3$. На титрування надлишку комплексону витрачено $8,20 \text{ см}^3$ розчину $ZnSO_4$ з концентрацією $0,0500 \text{ м}$.
44. Наважку $ZnSO_4$ $0,8585 \text{ г}$ розчинили у $50,00 \text{ см}^3$ води. До $10,00 \text{ см}^3$ цього розчину додали надлишок розчину магній комплексонату Na_2MgY . На титрування одержаної суміші за методом заміщення витратили $18,30 \text{ см}^3$ $0,0477 \text{ м}$ розчину трилону Б. Обчислити масову частку (%) $ZnSO_4$ у зразку.
45. Для визначення вмісту Алюмінію до аналізованого розчину додали $25,0 \text{ мл}$ $0,040 \text{ м}$ розчину ЕДТА. На титрування надлишку ЕДТА було витрачено $5,00 \text{ мл}$ $0,035 \text{ м}$ розчину $ZnSO_4$. Обчислити масу (г) Алюмінію в аналізованому розчині.
46. При визначенні загальної твердості води використовували комплексометричне титрування. На титрування 100 мл проби аналізованої води витрачено $5,20 \text{ мл}$ $0,0200 \text{ М}$ розчину ЕДТА. Обчислити твердість води за вмістом кальцій карбонату (мг/л).
47. На титрування 100 мл води витрачено $10,50 \text{ мл}$ $0,01800 \text{ м}$ розчину ЕДТА. Визначити твердість води в грамах CaO на 1 л води.
48. Визначити масову частку Алюмінію в аналізованому зразку при умові, що до 25 см^3 розчину, який містить $0,7200 \text{ г}$ Алюмінію в 100 см^3 , додали $20,00 \text{ см}^3$ $0,1004 \text{ м}$ розчину трилону Б. Надлишок титранту відтитрували $22,08 \text{ см}^3$ $0,05030 \text{ м}$ розчином цинк сульфату.

49. До 20,00 см³ розчину, який містить 5,3552 г сульфат-іонів в 500,00 см³, додали 25,00 см³ 0,1013 м розчину барій хлориду, осад відфільтрували. На титрування фільтрату витратили 21,15 см³ 0,05080 м розчин трилону Б. Визначити масову частку сульфат-іонів в досліджуваному зразку.
50. Концентрація робочого розчину трилону Б була встановлена за розчином, який містить в 1 л 24,00 г $Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. На 10,00 мл цього розчину пішло 10,30 мл розчину трилону Б. Розрахувати молярну концентрацію еквіваленту, титр за Fe_2O_3 і титр за CaO розчину трилону Б.
51. Розрахувати концентрацію Магнію у воді (мг/л), якщо при титруванні 100 мл води комплексом III при рН 9,7 з хромогеном чорним Т до синього забарвлення витратилось 19,20 мл 0,1012 н розчину комплексу III.
52. Розрахувати концентрацію Цирконію в розчині, якщо при титруванні 20,00 мл цього розчину з хромогеном чорним до синього забарвлення було витрачено 10,15 мл 0,1000 н розчину Na-ЕДТА.
53. Розрахувати кількість Al^{3+} в розчині за наступними даними: до розчину додали 15,00 мл 0,1100 н розчину Na-ЕДТА, надлишок якого був відтитрований 3,00 мл 0,1010 н розчину $ZnSO_4$.
54. Молібдат-іони осадили у вигляді $CaMoO_4$. В осаді відтитрували Кальцій 0,1002 н розчином Na-ЕДТА, на що було витрачено 11,17 мл цього розчину. Розрахувати кількість MoO_4^{2-} у розчині.
55. Розрахувати концентрацію Ca^{2+} і Mg^{2+} (мг-екв/л) в розчині за наступними даними. Для визначення сумарної кількості Ca^{2+} і Mg^{2+} 20,00 мл цього розчину відтитрували з хромогеном чорним Т 0,1120 н розчином Na-ЕДТА, його пішло 18,15 мл. Для визначення Ca^{2+} до 20,00 мл розчину додали 19,00 мл 0,1120 н розчином Na-ЕДТА, і надлишок останнього відтитрували з мурексидом (до оранжевого забарвлення) 0,1021 н розчином $CaCl_2$, при цьому було витрачено 12,00 мл цього розчину.
56. На титрування мінеральної води з індикатором еріохромом чорним пішло 8,5 мл 0,0505 н розчину трилону Б, а при титруванні 10 мл мінеральної води з мурексидом пішло того ж титранту 5,5 мл. Визначіть вміст Кальцію і Магнію в досліджуваній воді.

57. Визначити вміст $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в грамах на літр, якщо до 10,00 мл цього розчину додано 50,00 мл 0,1000 М розчину $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, надлишок $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ відтитрований 10,00 мл 0,09000 М розчину комплексона III.
58. Для встановлення титру робочого розчину трилону Б взято 1,3250 г висушеного кальцій карбонату і розчинено в мірній колбі місткістю 250 cm^3 . На титрування 25 cm^3 цього розчину витрачено 26,47 cm^3 розчину трилону Б. Визначте C_n і титр за Кальцієм розчину трилону Б.
59. З наважки 1,2 г зразка, що містить калій хромат, приготовлений розчин в мірній колбі місткістю 100 cm^3 . До 25 cm^3 отриманого розчину додано розчин плюмбум нітрату. Отриманий осад відфільтрований, промитий, переведений в розчин і оброблений 10 cm^3 0,2 н розчину трилону Б, надлишок якого відтитрований 8 cm^3 0,1021 н розчину цинк сульфату. Розрахуйте вміст хромат-іонів у зразку (ω , %).
60. Титр розчину трилону Б за кальцій оксидом дорівнює 0,00072 г/ cm^3 .
Розрахуй
61. На титрування кадмій (II) хлориду при $\text{pH} = 9,3$ в присутності еріхрому чорного витрачено 25,2 cm^3 0,1 н розчину трилону Б. Розрахуйте масу іонів Кадмію в розчині.
62. Визначте вміст індиферентних домішок в плюмбум ацетаті (ω ,%), якщо на титрування розчину, отриманого з 0,1 г плюмбум ацетату, витратили 5,84 cm^3 0,1 н розчину трилону Б.
63. Визначте масову частку Нікелю (ω ,%) в алюмінієвому сплаві, якщо після розчинення 0,7 г сплаву і видалення елементів, що заважають визначенню, об'єм розчину довели до 100 cm^3 . На титрування 25 cm^3 цього розчину потрібно 13,08 cm^3 0,02 н розчину трилону Б.
64. Визначте масу Кадмію, якщо після додавання до розчину 35 cm^3 0,0200 н розчину трилону Б на титрування надлишку витратили 15,3 cm^3 0,02 н MgSO_4 .
65. Органічну речовину, як містить мазь Меркурію, масою 3,7700 г розчинили в нітратній (V) кислоті. Після розбавлення меркурій-іони відтитрували, на

- що витрачено точно $21,3 \text{ см}^3$ $0,1140 \text{ M}$ розчину NH_4SCN . Обчисліть вміст (у %) меркурій- іонів та меркурій динітрату в аналізованому зразку.
66. У $500,0 \text{ см}^3$ водного розчину міститься $0,3770 \text{ г}$ $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$. Визначити молярну концентрацію речовини і молярну концентрацію речовини еквівалента (C_{H}) $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ у реакції взаємодії з лугом (NaOH) та з калій перманганатом у кислому середовищі.
67. З наважки аргентум нітрату приготували розчин у мірній колбі місткістю $500,0 \text{ см}^3$. До 25 см^3 одержаного розчину додали 50 см^3 $0,1000 \text{ M}$ розчину амоній тіоціанату ($f_{\text{екв.}}=1$). Обчислити наважку аргентум нітрату.
68. Обчислити наважку натрій хлориду, необхідну для приготування 250 см^3 $0,05 \text{ M}$ розчину для встановлення титру розчину аргентум нітрату.
69. До розчину $0,2266 \text{ г}$ речовини, що містить хлорид-іони, додали $30,0 \text{ см}^3$ $0,1121 \text{ M}$ розчину аргентум нітрату, а надлишок аргентум-іонів відтитрували $0,50 \text{ см}^3$ $0,1158 \text{ M}$ розчину амоній тіоціанату ($f_{\text{екв.}}=1$). Обчислити вміст (у %) іонів Cl^- в аналізованій речовині.
70. Наважку $1,7450 \text{ г}$ срібного сплаву розчинили в нітратній кислоті, розчин розвели водою у мірній колбі на 200 см^3 . На титрування 10 см^3 одержаного розчину витрачається $11,75 \text{ см}^3$ $0,04672 \text{ M}$ розчину амоній тіоціанату ($f_{\text{екв.}}=1$). Обчислити вміст (у %) срібла в аналізованому сплаві.
71. Наважку $2,9014 \text{ г}$ натрій хлориду розчинили в мірній колбі на $1000,0 \text{ см}^3$. На 25 см^3 цього розчину витрачається $25,80 \text{ см}^3$ розчину аргентум нітрату. Визначити концентрацію C_{H} і титр розчину аргентум нітрату.
72. Наважку $1,8810 \text{ г}$ калій хлориду розчинили в мірній колбі місткістю 250 см^3 . Визначити молярну концентрацію речовини еквівалента KCl і титр приготовленого розчину за аргентум нітратом.
73. Наважку $0,9524 \text{ г}$ калій хлориду розчинили в мірній колбі місткістю 250 см^3 . На 25 см^3 приготовленого розчину витрачається $25,65 \text{ см}^3$ розчину аргентум нітрату. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента AgNO_3 , титр розчину KCl і титр приготовленого розчину за хлорид-йонами.

74. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалент NH_4SCN , титр цього розчину, якщо на 25 см^3 приготовленого розчину NH_4SCN витрачається $25,65 \text{ см}^3$ розчину AgNO_3 з титром розчину за Ag^+ рівним $0,0054 \text{ г/см}^3$.
75. До розчину, що містить $0,1097 \text{ г}$ натрій хлориду додали $30,0 \text{ см}^3$ розчину аргентум нітрату. Надлишок його відтитрували $4,10 \text{ см}^3$ розчину NH_4SCN . На титрування 20 см^3 розчину аргентум нітрату витрачається $19,60 \text{ см}^3$ розчину NH_4SCN . Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалент AgNO_3 , титр розчину і титр цього розчину за хлорид-іонами.
76. Наважку $1,8998 \text{ г}$ срібного сплаву розчинили в нітратній кислоті, розчин розвели водою у мірній колбі на 250 см^3 . На титрування 25 см^3 одержаного розчину витрачається $26,8 \text{ см}^3$ $0,05176 \text{ м}$ розчину амоній тіоціанату ($f_{\text{екв.}}=1$). Обчислити вміст (у %) срібла в аналізованому сплаві.
77. Наважку $1,4580 \text{ г}$ NaCl розчинили в мірній колбі місткістю 500 см^3 . На титрування 25 см^3 одержаного розчину витрачається $23,40 \text{ см}^3$ $0,04996 \text{ м}$ розчину аргентум нітрату. Визначити вміст (у %) NaCl у препараті.
78. Наважку $1,8840 \text{ г}$ препарату, що містить калій хлорид розчинили в мірній колбі місткістю 500 см^3 . На титрування 25 см^3 одержаного розчину витрачається $23,45 \text{ см}^3$ розчину аргентум нітрату з титром розчину за калій хлоридом рівним $0,003695 \text{ г/см}^3$. Визначити вміст (у %) KCl у препараті.
79. Для визначення F-іонів у салаті 50 г його висушили і прожарили у присутності CaO . Одержаний CaF_2 розклали кислотою у присутності SiO_2 і утворений SiF_4 відігнали. На титрування F-іонів у дистилаті, за реакцією утворюється ThF_4 , витрачено $7,62 \text{ см}^3$ $0,008930 \text{ м}$ розчину $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ ($f_{\text{екв.}}=1/4$) у присутності індикатора алізаринового червоного. Обчислити вміст (у %) F-іонів у пробі.
80. Арсен, що міститься в $1,2200 \text{ г}$ проби пестициду, відповідною реакцією перетворили в H_3AsO_4 . Після нейтралізації кислоти додали точно $40,00 \text{ см}^3$ $0,07890 \text{ м}$ розчину AgNO_3 для кількісного визначення Арсену у вигляді Ag_3AsO_4 . На титрування Ag-іонів, які містяться у фільтраті та у промивних водах, витрачено $11,2 \text{ см}^3$ $0,1000 \text{ м}$ розчину KSCN . Обчислити вміст (у %) As_2O_3 у пробі.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ
ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ**

Варіант № 1.

1. Які з перерахованих кислот:

- 1) HClO ($\text{pK}^{\text{a}}=7,53$)
- 2) HClO_2 ($\text{pK}^{\text{a}}=1,97$)
- 3) HClO_3
- 4) HClO_4

є сильними мінеральними кислотами?

2. Яке забарвлення:

- 1) жовте
- 2) червоне
- 3) оранжеве

матиме індикатор метиловий оранжевий в 0,1М розчині NH_4Cl ?

3. Як зміниться величина рН ацетатного буферного розчину :

- 1) збільшиться
- 2) зменшиться
- 3) залишиться незмінною

якщо концентрації компонентів буферного розчину збільшити в 2 рази?

4. Яке значення добутку розчинності є найбільшим:

- 1) термодинамічне
- 2) концентраційне
- 3) умовне?

5. Який осад:

- 1) BaSO_4 ($\text{ДР}=1,1 \cdot 10^{-10}$)
- 2) SrSO_4 ($\text{ДР}=3,2 \cdot 10^{-7}$)
- 3) CaSO_4 ($\text{ДР}=2,5 \cdot 10^{-5}$)

випадатиме першим при поступовому збільшенні розчину Na_2SO_4 до розчину, що містить однакові кількості іонів Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} ?

6. Дією якого реагенту :

- 1) HNO_3
- 2) KJ
- 3) KNO_3

не можна зруйнувати комплекс $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$?

7. У якому з розчинів :

- 1) в 0,1М розчині $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,01М NH_3
- 2) в 0,1М розчині $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,1М NH_3
- 3) в 0,1М розчині $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 1,00М NH_3

концентрація іона Zn^{2+} є найбільшою?

8. Яка із сполук:

- 1) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- 2) KMnO_4
- 3) H_2SO_4

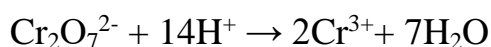
є відновником в наступній реакції:



9. Чому дорівнює:

- 1) 2
- 2) 4
- 3) 6

кількість електронів, прийнятих в напівреакції :



10. Який із перелічених металів:

- 1) Ag ($E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag})=0,799 \text{ В}$)
- 2) Mg ($E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg})= -2,37 \text{ В}$)
- 3) Zn ($E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})= -0,763 \text{ В}$)

буде витісняти свинець з розчину $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$?

($E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})= -0,126 \text{ В}$) ?

Варіант № 2.

1. Яке середовище:

- 1) кисле

2) нейтральне

3) лужне

має розчин, отриманий при змішуванні рівних об'ємів HCl і NH₄OH?

2. Який процес:

1) сумарна дисоціація кислоти за двома ступенями

2) дисоціація кислоти за I ступенем

3) дисоціація кислоти за II ступенем

є домінуючим при розрахунку концентрації іонів водню в розчині слабкої двоосновної кислоти?

3. Яку з перерахованих речовин називають лугом?:

1) CH₃COONa

2) NaCl

3) NaHCO₃

4) NaOH

4. У якому випадку розчинність Fe(OH)₃ буде найменшою?

1) у воді

2) в розчині NH₄NO₃

3) розчині NH₄NO₃ + NH₃

5. Який з осадів :

1) PbS (ДР=2,5·10⁻²⁷)

2) NiS (ДР=3,2·10⁻¹⁹)

3) CuS (ДР=6,3·10⁻³⁶)

найбільш розчинний в 2 М розчині хлорводневої кислоти?

6. Чому дорівнює дентатність ліганду SO₄?

1) 1

2) 2

3) 5

7. Який чинник:

1) температура

2) загальна концентрація комплексу в розчині

3) загальна концентрація ліганда

впливає на величину константи стійкості комплексного іона?

8. Яка речовина утворюється при відновленні MnO_2 в кислому середовищі?:

- 1) MnCl_2
- 2) KMnO_4
- 3) $\text{MnO}(\text{OH})_2$

9. За допомогою яких часток:

- 1) H^+ і H_2O
- 2) OH^- і H_2O
- 3) H^+ і OH^-

зрівнюють число атомів усіх елементів при використанні електронно-іонного способу підбору коефіцієнтів для окисно-відновної реакції, яка перебігає в кислому середовищі?

10. До яких продуктів може бути відновлена вода?:

- 1) O_2 і H^+
- 2) OH^- і H_2
- 3) 2OH^-

Варіант № 3.

1. Яка величина рН :

- 1) $\text{pH} > 7$
- 2) $\text{pH} = 7$
- 3) $\text{pH} < 7$
- 4) $\text{pH} = 1$

характеризує розчин, отриманий при змішенні рівних об'ємів 0,2 М розчинів NaOH і HCl .

2. У якому з розчинів :

- 1) 0,1М HCl
- 2) 0,1М CH_3COOH ($\text{pK}^a=4,76$)
- 3) 0,1М HF ($\text{pK}^a=3,21$)

величина рН буде найменшою?

3. Який процес:

1) сумарна дисоціація кислоти за двома ступенями

2) дисоціація кислоти за I ступенем

3) дисоціація кислоти за II ступенем

є домінуючим при розрахунку концентрації іонів водню в розчині слабкої двоосновної кислоти?

4. Який з осадів:

1) PbC_2O_4 ($\text{ДР}=4,8 \cdot 10^{-10}$)

2) BaC_2O_4 ($\text{ДР}=1,1 \cdot 10^{-7}$)

3) CaC_2O_4 ($\text{ДР}=2,3 \cdot 10^{-9}$)

найбільш розчинний в 1 М розчині оцтової кислоти?

5. У якому випадку:

1) у воді

2) в надлишку осаджувача

3) у присутності стороннього електроліту

розчинність малорозчинної сполуки буде найбільшою?

6. У якому з розчинів:

1) в 0,1М $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,01М NH_3

1) в 0,1М $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,1М NH_3

2) в 0,1М $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,5М NH_3

концентрація іонів Cu^{2+} буде найбільшою?

7. Що є кількісною характеристикою міцності комплексу :

1) загальна концентрація ліганду

2) загальна концентрація комплексу

3) константа стійкості комплексу?

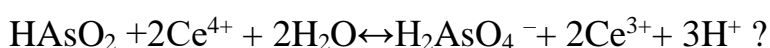
8. Які частки:

1) H^+ і H_2O

2) OH^- і H_2O

3) H^+ і OH^-

використали при зрівнюванні числа атомів усіх елементів методом електронно-іонного балансу в реакції:



9. Яка з перерахованих сполук:

- 1) HAsO_2
- 2) KBrO_3
- 3) KBr

є окисником в реакції:



10. Чому дорівнює чинник еквівалентності $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в реакції:



- 1) $1/3$
- 2) 1
- 3) $1/6$

Варіант № 4.

1. Як змінюється міра дисоціації ацетатної кислоти :

- 1) збільшується
 - 2) зменшується
 - 3) залишається незмінною
- при збільшенні її загальної концентрації ?

2. Як змінюється:

- 1) збільшується
- 2) зменшується
- 3) залишається незмінною

міра дисоціації оцтової кислоти із зростанням її загальної концентрації ?

3. У який колір:

- 1) червоний
- 2) помаранчевий
- 3) жовтий

забарвлюється розчин амоній гідроксиду при додаванні до нього розчину індикатора - нейтрального червоного(нейтральрот) ($\Delta\text{pH} = 6,8/8,4$)?

4. У якому з розчинів:

- 1) у воді

2) в розчині амоніаку

3) в розчині HCl

розчинність $Mg(OH)_2$ є мінімальною?

5. Який з розчинів називають насиченим, якщо

1) $DI < DP$

2) $DI = DP$

3) $DI > DP$?

6. Чому дорівнює:

1) 2

2) 4

3) 6

міра окиснення центрального іона в комплексі $[Cr(NH_3)_2(H_2O)_2Cl_2]NO_3$?

7. У якому з розчинів однакової молярної концентрації:

1) $Na_2[Zn(OH)_4]$ $K_H = 1,99 \cdot 10^{-18}$

2) $Na[Al(OH)_4]$ $K_H = 1,00 \cdot 10^{-33}$

3) $Na[Cr(OH)_4]$ $K_H = 1,00 \cdot 10^{-30}$

міститиме більше гідроксил-іонів?

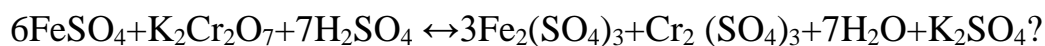
8. Яка з перерахованих сполук:

1) $K_2Cr_2O_7$

2) $FeSO_4$

3) H_2SO_4

є окисником в реакції:



9. Як слід записати рівняння Нернста при $25^\circ C$:

$$1) E = E^\circ_{I_2/2I^-} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[I^-]^2}{[I_2]}$$

$$2) E = E^\circ_{I_2/2I^-} + 0,059 \lg \frac{[I_2]}{[I^-]^2}$$

$$3) E = E^\circ_{I_2/2I^-} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[I_2]}{[I^-]^2}$$

для напівреакції: $2\text{I}^- \leftrightarrow \text{I}_2$?

10. Який із наведених комплексів купруму (II):

1) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

2) $\text{Na}_2[\text{CuEDTA}]$

3) $\text{Na}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4]$

належить до комплексонів ?

Варіант № 5.

1. Яке середовище:

1) кисле

2) нейтральне

3) лужне

характерне для водного розчину натрій ацетату ?

2. Який процес:

1) дисоціація H_2Sal за I ступенем

2) дисоціація H_2Sal за II ступенем

3) дисоціація H_2Sal з відщепленням двох протонів

є домінуючим при розрахунку рівноважної концентрації йонів Гідрогену в розчині саліцилової кислоти?

3. Як гідролізується у водному розчині амоній хлорид :

1) має місце гідроліз за катіоном

2) має місце гідроліз за аніоном

3) має місце гідроліз за катіоном і за аніоном

4) сіль гідролізу не піддається ?

4. У якому насиченому розчині:

1) PbCrO_4 ($\text{ДР}=1,8 \times 10^{-14}$)

2) PbC_2O_4 ($\text{ДР}=4,8 \times 10^{-10}$)

3) PbSO_4 ($\text{ДР}=1,6 \times 10^{-8}$)

рівноважна концентрація іону Плюмбуму найбільша?

5. На розчин, що містить 0,1М KCl , 0,1М KBr , 0,1М KI діють 0,1М розчином AgNO_3 . Яка з солей:

1) AgCl ($\text{DP}_{\text{AgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10}$)

2) AgBr ($\text{DP}_{\text{AgBr}} = 5,3 \cdot 10^{-13}$)

3) AgI ($\text{DP}_{\text{AgI}} = 8,3 \cdot 10^{-17}$)

осідатиме в першу чергу?

6. Який із вказаних лігандів:

1) H_2O

2) NH_3

3) SO_4^{2-}

є бідентатним?

7. Який з гідроксидів :

1) $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ($\text{DP}=2,040^{-15}$)

2) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ($\text{DP}=2,240^{-20}$)

3) $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ($\text{DP}=2,240^{-14}$)?

випадатиме першим при поступовому збільшенні розчину NaOH до розчину, що містить 0,1 М $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ і $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$?

8. Яка речовина:

1) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$

2) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

3) FeO

утворюється при окисненні FeSO_4 в кислому середовищі?

9. Яку різницю:

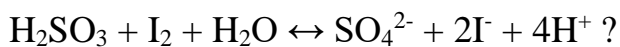
1) концентрацій окисника і відновника;

2) стандартних електродних потенціалів окисника і відновника;

3) зарядів окисника і відновника

використовують для визначення напряму окисно-відновних реакцій в розчинах?

10. Чому дорівнює фактор еквівалентності H_2SO_3 в реакції:



1) 1/2

2) 1

3) 1/4

Варіант № 6.

1. У який колір:

- 1) червоний
- 2) фіолетовий
- 3) синій

забарвлюється розчин гідроксиду натрію при додаванні до нього розчину індикатора – лакмусу?

2. Яке середовище:

- 1) кисле
- 2) лужне
- 3) нейтральне

характерне для водного розчину калій ортофосфату?

3. Як гідролізує у водному розчині амоній ацетат:

- 1) має місце гідроліз за катіоном
- 2) має місце гідроліз за аніоном
- 3) має місце гідроліз за катіоном і аніоном
- 4) сіль гідролізу не піддається?

4. У якій послідовності осідатимуть осадки хроматів стронцію, барію і свинцю при однаковій концентрації іонів металу в розчині:

- 1) SrCrO_4 , BaCrO_4 , PbCrO_4
- 2) BaCrO_4 , SrCrO_4 , PbCrO_4
- 3) PbCrO_4 , BaCrO_4 , SrCrO_4 ?

5. Який процес:

- 1) поглинання речовини поверхнею твердого тіла
- 2) захоплення домішок з розчину всередину кристала
- 3) утворення змішаних кристалів або твердих розчинів називається адсорбцією?

6. Яку константу:

- 1) загальну константу стійкості K_y
- 2) загальну константу нестійкості K_n
- 3) ступінчасту константу стійкості $K_{y(4)}$

слід використати для характеристики рівноваги



7. Яка координаційна формула комплексної солі $\text{Cr}(\text{NO}_2) \cdot 3\text{KNO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

- 1) $\text{K}[\text{Cr}(\text{NO}_2)_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{K}[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NO}_2)_4]$
- 3) $\text{K}[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NO}_2)_3]\text{NO}_2?$

8. Виберіть напівреакцію:

- 1) $\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Br}_2 \leftrightarrow 2\text{Br}^-$
- 3) $\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$,

якій відповідає рівняння Нернста:

$$E = E^\circ_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[\text{Br}_2]}{[\text{Br}^-]^2}$$

9. У якому з розчинів :

- 1) в 0,1 М $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$
- 2) в 0,1 М $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$ $K_{\text{н}} = 2,75 \cdot 10^{-7}$
- 3) в 0,1 М $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$ $K_{\text{н}} = 7,76 \cdot 10^{-18}$

концентрація іона Cd^{2+} найбільша?

10. Яка з цих реакцій:

- 1) $2\text{CuCl}_2 + 4\text{KI} \leftrightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{KCl}$
- 2) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- 3) $2\text{CuCl}_2 + 4\text{NH}_3 \leftrightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$

належить до окисно-відновних?

Варіант № 7.

1. Яка з перерахованих речовин:

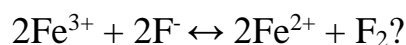
- 1) калій гідроксид
- 2) натрій гідроксид
- 3) водний розчин дифеніламіну

є слабкою основою?

2. У якому напрямі:

- 1) зліва направо
- 2) справа наліво

протікатиме реакція:



$(E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})) = 0,771 \text{ В}$

$(E^\circ(\text{F}_2/2\text{F}^-)) = 2,87 \text{ В}$

3. Яка концентрація реагуючих речовин :

- 1) загальна (валова) концентрація
- 2) умовна концентрація
- 3) рівноважна концентрація

підставляється у вираз для константи рівноваги?

4. Розчинність якої сполуки:

- 1) AgBr
- 2) Hg_2Cl_2
- 3) CaC_2O_4

залежить від кислотності розчину?

5. Який осад випадатиме першим:

- 1) Ag_2CO_3 ($\text{ДР} = 1,2 \cdot 10^{-12}$)
- 2) CaCO_3 ($\text{ДР} = 3,8 \cdot 10^{-9}$)
- 3) BaCO_3 ($\text{ДР} = 4,0 \cdot 10^{-10}$)

при поступовому додаванні розчину Na_2CO_3 до розчину, що містить AgNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ і $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ концентрацією 0,1 моль/л?

6. Яка координаційна формула комплексної солі $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$:

- 1) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$
- 2) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2]$
- 3) $(\text{NH}_3)_2[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2?$

7. Який висновок можна зробити про константи нестійкості комплексів, якщо при додаванні розчину KI до розчину $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ осад AgI утворюється, а при додаванні розчину KI до розчину $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ не утворюється:

- 1) $K_{\text{н}}$ комплексного іона $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ > K_{\text{н}}$ комплексного іона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$

2) K_{H} комплексного іона $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ < K_{\text{H}}$ комплексного іона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$

3) K_{H} комплексного іона $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = K_{\text{H}}$ комплексного іона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$?

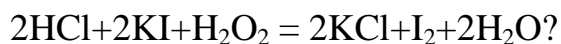
8. Яка із сполук:

1) HCl

2) H_2O_2

3) KJ

є окисником в реакції:



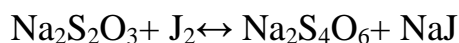
9. Чому дорівнює:

1) 2

2) 4

3) 6

сума коефіцієнтів усіх частинок у лівій і правій частині реакції :



після урівнювання?

10. Яким з нижче перерахованих сполук:

1) F_2 ($E^\circ(\text{F}_2/2\text{F}^-) = 2,87 \text{ В}$)

2) FeSO_4 ($E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,771 \text{ В}$)

3) H_2O_2 ($E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ В}$)

можна відновити MnO_4^- до Mn^{2+} у кислому середовищі?

($E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ В}$)

Варіант № 8.

1. Яке середовище характерне для водного розчину купрум(II) нітрату?

1) кисле

2) лужне

3) нейтральне

2. Потенціал якої окисно-відновної пари залежить від рН розчину?

1) $\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{e} \leftrightarrow \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$

2) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3+} + \text{e} \leftrightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{4+}$

3) $\text{I}_2 + 2\text{e} \leftrightarrow 2\text{I}^-$

3. Як гідролізує у водному розчині алюміній сульфат:

- 1) має місце гідроліз за катіоном
- 2) має місце гідроліз за аніоном
- 3) має місце гідроліз за катіоном і аніоном
- 4) сіль гідролізу не піддається?

4. Який з осадів не розчинний в 2 М розчині хлоридної кислоти?

- 1) ZnS ($DP=1,6 \cdot 10^{-24}$)
- 2) NiS ($DP=3,2 \cdot 10^{-19}$)
- 3) CuS ($DP=6,3 \cdot 10^{-36}$)

5. Як називається процес поглинання речовини поверхнею твердого тіла:

- 1) адсорбція
- 2) оклюзія
- 3) ізоморфізм?

6. У якому з розчинів однакової молярної концентрації

міститиметься більше ціанід-іонів:

- 1) $K_2[Hg(CN)_4]$ $K_H = 1,07 \cdot 10^{-39}$
- 2) $K_2[Cd(CN)_4]$ $K_H = 7,76 \cdot 10^{-18}$
- 3) $K_2[Ni(CN)_4]$ $K_H = 1,00 \cdot 10^{-31}$

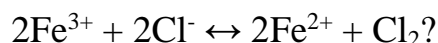
7. Яка з наведених сполук відноситься до ацидокомплексів?

- 1) $[Co(H_2O)_6]Cl_2$
- 2) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$
- 3) $K_2[HgJ_4]$

8. У якому напрямку:

- 1) зліва направо
- 2) справа наліво

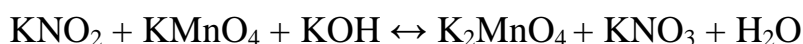
протікатиме реакція:



($E^\circ(Fe^{3+}/Fe^{2+})=0,771$ В);

($E^\circ(Cl_2/2Cl^-)=1,359$ В)

9. Чому дорівнює сума коефіцієнтів усіх часток в лівій і правій частині реакції:



після урівнювання:

- 1) 8
- 2) 9
- 3) 10?

10. За якої концентрації іонів Ag^+ :

- 1) 2,87 моль/л
- 2) $2,87 \cdot 10^{-14}$ моль/л
- 3) $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л

потенціал срібного електрода дорівнюватиме нулю? ($E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag})=0,799 \text{ В}$)

Варіант № 9.

1. Яка концентрація реагуючих речовин :

- 1) загальна (валова) концентрація
- 2) умовна концентрація
- 3) рівноважна концентрація

підставляється у вираження для константи гідролізу?

2. Який із осадів:

- 1) AgCl ($\text{ДР}=1,78 \cdot 10^{-10}$)
- 2) PbCl_2 ($\text{ДР}=1,6 \cdot 10^{-5}$)
- 3) Hg_2Cl_2 ($\text{ДР}=1,3 \cdot 10^{-18}$)

найменш розчинний у питній воді?

3. Яка з перерахованих нижче речовин є найслабшою кислотою?:

- 1) HClO ($\text{pK}^a=7,53$)
- 2) HClO_2 ($\text{pK}^a=1,97$)
- 3) HCN ($\text{pK}^a=9,30$)
- 4) HF ($\text{pK}^a=3,21$)

4. У якому випадку розчинність осаду MgNH_4PO_4 буде найменшою?

- 1) у воді
- 2) в розчині HCl
- 3) в розчині NH_4Cl

5. Чи утворюється осад AgCl ($\text{ДР} = 1,78 \cdot 10^{-10}$), якщо до $1 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ розчину

AgNO₃ додати рівний об'єм 1·10⁻⁴ М розчину NaCl:

- 1) утвориться
- 2) не утвориться?

6. Який із наведених нижче комплексів:

- 1) [Cr(H₂O)₆]Cl₃
- 2) K₄[Fe(CN)₆]
- 3) [Pt(NH₃)₂Cl₂]

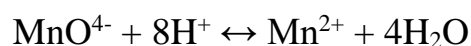
є катіонним?

7. Який із зазначених лігандів:

- 1) SO₄²⁻ - сульфат-іон
- 2) CH₃COO⁻ - ацетат-іон
- 3) EDTA⁴⁻(Y⁴⁻) - етилендіамінтетраацетат-іон

належить до комплексонів?

8. Чому рівна кількість електронів у напівреакції:

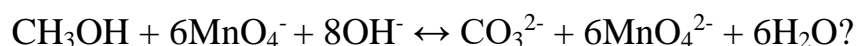


- 1) 2
- 2) 3
- 3) 5?

9. Які частки:

- 1) H⁺ і H₂O
- 2) OH⁻ і H₂O
- 3) H⁺ і OH⁻

використовували при зрівнюванні числа атомів всіх елементів методом електронно-іонного балансу для реакції:



10. Стандартний потенціал якого електрода:

- 1) срібного (Ag⁺ + 1e ↔ Ag)
- 2) мідного (Cu⁺ + 2e ↔ Cu)
- 3) водневого (H₂ - 2e ↔ 2H⁺)

умовно прийнято рівним нулю?

Варіант № 10.

1. У якому з розчинів:

- 1) 0,1М HCl
- 2) 0,1М CH₃COOH (pK^a=4,76)
- 3) 0,1М HCN (pK^a=9,30)

величина рН буде найменшою?

2. Яка величина рН:

- 1) рН>7
- 2) рН=7
- 3) рН<7

характеризує розчин, отриманий при змішуванні рівних об'ємів 0,2М розчинів NaOH і HCl?

3. Яке забарвлення:

- 1) жовте
- 2) червоне
- 3) помаранчеве

матиме індикатор метиловий оранжевий у 0,1 М розчині NH₄Cl?

4. Чи утворюється осад PbSO₄(ПП=1,6·10⁻⁸), якщо до 2·10⁻² М розчину Pb(NO₃)₂ додати рівний обсяг 2·10⁻³ М розчину Na₂SO₄:

- 1) так
- 2) ні?

5. У якому випадку розчинність осаду AgCl буде найбільшою?

- 1) у питній воді
- 2) в 0,01 М AgNO₃
- 3) в 0,1 М KNO₃

6. Який чинник впливає на величину константи стійкості комплексного іона?

- 1) загальна концентрація комплексу в розчині
- 2) загальна концентрація іона-комплексоутворювача в розчині
- 3) природа іона-комплексоутворювача

7. Чому рівне координаційне число комплексоутворювача в комплексі

[Pt(NH₃)₂Cl₂]:

1) 2

2) 3

3) 4?

8. Які частки:

1) H^+ і H_2O

2) OH^- і H_2O

3) H^+ і OH^-

використовували при зрівнюванні числа атомів всіх елементів у реакції: $3\text{MnO}_2 + \text{ClO}_3^- + 6\text{OH}^- \leftrightarrow 3\text{MnO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$

електронно-іонним методом.

9. Яка речовина:

1) KBr

2) Br_2

3) KBrO

утворюється під час відновлення KBrO_3 в кислому середовищі?

10. Активності яких частинок:

1) Cu ; Cu^{2+}

2) Cu^{2+}

3) Cu

входять у рівняння Нернста для напівреакції: $\text{Cu} \leftrightarrow \text{Cu}^{2+}$?

Варіант № 11.

1. Яка з перелічених основ у водному розчині є найслабшою?

1) метиламін ($\text{pK}^b=3,34$)

2) етиламін ($\text{pK}^b=1,97$)

3) бензиламін ($\text{pK}^b=4,67$)

4) етаноламін ($\text{pK}^b=4,75$)

2. У якому з розчинів величина рН буде найбільшою?

1) 0,1М HCl

2) 0,1М CH_3COOH ($\text{pK}^a=4,76$)

3) 0,1М HF ($\text{pK}^a=3,21$)

3. Яке забарвлення:

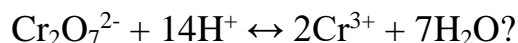
- 1) жовте
- 2) червоне
- 3) помаранчеве

матиме індикатор метиловий оранжевий у 0,1М розчині ZnSO₄?

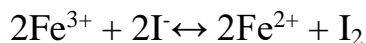
4. Чому рівна:

- 1) 2
- 2) 4
- 3) 6

кількість електронів, відданих у напівреакції:



5. У якому напрямку буде протікати реакція:



$$(E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}))=0,771 \text{ В)}$$

$$(E^\circ(\text{I}_2/2\text{I}^-))=0,536 \text{ В)}$$

- 1) зліва-направо
- 2) справа-наліво

6. Чи утвориться осад PbCl₂ (IP=1,6·10⁻⁵), якщо до 2·10⁻³ М розчину Pb(NO₃)₂ додати рівний об'єм 6·10⁻³ М розчину NaCl:

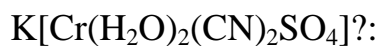
- 1) так
- 2) ні?

7. Стандартний електродний потенціал пари Cu²⁺/Cu E⁰_{Cu²⁺/Cu} = 0,345В.

Стандартний електродний потенціал пари Fe³⁺/Fe E⁰_{Fe³⁺/Fe} = -0,058В . Чи буде залізо витісняти мідь з аміачного розчину мідного купоросу:

- 1) так, буде, тому що E⁰_{Fe³⁺/Fe} < E⁰_{Cu²⁺/Cu}
- 2) ні, не буде, тому що при зв'язуванні Cu²⁺ в аміачний комплекс [Cu(NH₃)₄] електродний потенціал цієї пари істотно зменшується?

8. Чому рівне координаційне число комплексоутворювача комплексу



- 1) 5
- 2) 6

3) 4

9. У якому реагенті розчиниться осад AgCl:

1) H₂O

2) HCl

3) NH₃?

10. Який чинник впливає на величину константи стійкості комплексного іона?

1) загальна концентрація ліганда в розчині

2) загальна концентрація іона-комплексоутворювача в розчині

3) природа ліганда

Варіант № 12.

1. Яка величина рН характеризує розчин, отриманий при змішанні рівних об'ємів NaOH і CH₃COOH?

1) рН ≥ 7

2) рН = 7

3) рН < 7

4) рН > 7

2. Як гідролізує у водному розчині калію гідрофосфат:

1) має місце гідроліз по катіону

2) має місце гідроліз по аніону

3) має місце гідроліз по катіону і аніону

4) сіль гідролізу не піддається

3. Яка концентрація реагуючих речовин:

1) загальна (валова) концентрація

2) умовна концентрація

3) рівноважна концентрація

підставляється у вираз для константи дисоціації?

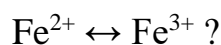
4. Розчинність яких сполук залежить від кислотності розчину?

1) PbBr₂

2) PbCl₂

3) SrC₂O₄

5. Як записати $[\text{Fe}^{3+}]$ у рівнянні Нернста при $25\text{ }^\circ\text{C}$ для напівреакції:



$$1) E = E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + 0,0591 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$2) E = E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + 0,0591 \lg \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$$

$$3) E = E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

6. Яка речовина:

1) KBr

2) Br₂

3) KBrO

утворюється під час відновлення KBrO₃ в кислому середовищі?

7. Яка речовина:

1) H₂CO₃

2) HCOOH

3) CH₃COOH

утворюється під час окислювання шавлевої кислоти H₂C₂O₄ в кислому середовищі?

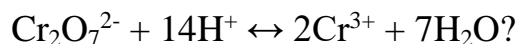
8. Чому рівна:

1) 2

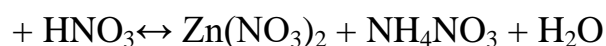
2) 4

3) 6

кількість електронів, відданих у напівреакції:



9. Сума коефіцієнтів всіх частинок у лівій і правій частині рівняння реакції: Zn



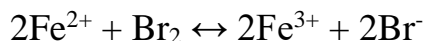
після урівнювання становить:

1) 20

2) 22

3) 24

10. У якому напрямку буде протікати реакція:



$(E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}))=0,771 \text{ В}$; $(E^\circ(\text{Br}_2 /2\text{Br}^-))=1,065 \text{ В}$

- 1) зліва-направо
- 2) справа-наліво

Варіант № 13.

1. У якому з розчинів:

- 1) 0,1М HCl
- 2) 0,1М CH₃COOH (pK^a=4,76)
- 3) 0,1М HClO (pK^a=7,53)

величина рН буде найменшою?

2. Яке забарвлення матиме індикатор метиловий оранжевий у 0,1М розчині CH₃COONH₄ ?

- 1) жовте
- 2) червоне
- 3) оранжеве

3. Як зміниться величина рН амонійного буферного розчину:

- 1) збільшиться
- 2) зменшиться
- 3) залишиться незмінною

якщо концентрації компонентів буферного розчину збільшити в 2 рази?

4. У якому насиченому розчині:

- 1) Ag₂CO₃(ПР=1,2·10⁻¹²)
- 2) CaCO₃(ПР=3,8·10⁻⁹)
- 3) BaCO₃(ПР=4,0·10⁻¹⁰)

рівноважна концентрація карбонат-іонів найбільша?

5. Який із осадів:

- 1) BaCO₃ (ПР=4,0·10⁻¹⁰)
- 2) BaSO₄ (ПР=1,1·10⁻¹⁰)
- 3) BaC₂O₄ (ПР=1,1·10⁻⁷)

не розчинний у 2М розчині хлорводневої кислоти?

6. Який заряд:

1) -3

2) +1

3) +5

комплексного іона, утвореного Cr(III)-[Cr(NH₃)₄Cl₂]?

7. Який із наведених комплексів належить до аніонних?

1) K₄[Fe(CN)₆]

2) [Ni(NH₃)₆]Cl₂

3) [Cr(H₂O)₂(NH₃)₂Br₂](NO₃)

8. Стандартний потенціал якого електрода умовно прийнято рівним нулю?

1) срібного (Ag⁺ + 1e ↔ Ag)

2) мідного (Cu⁺ + 2e ↔ Cu)

3) водневого (H₂ + 2e ↔ 2H⁺)

9. За якою формулою:

1) $E = E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{0,059}{2} \lg[Zn^{2+}]$

2) $E = \frac{0,059}{2} \lg[Zn^{2+}]$

3) $E = E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} + 0,059 \lg[Zn^{2+}]^2$

обчислюється потенціал цинкового електрода при T= 25 °C?

10. Чому рівне координаційне число комплексоутворювача в комплексі

[Pt(NH₃)₂Cl₂]:

1) 2

2) 3

3) 4?

Варіант № 14.

1. Яка із зазначених кислот є найслабшою?

1) HI

2) HIO (pK^a=10,64)

3) HIO₃(pK^a=0,77)

2. Активності яких частинок:

1) Cu; Cu²⁺

2) Cu^{2+}

3) Cu

входять у рівняння Нернста для напівреакції: $\text{Cu} \leftrightarrow \text{Cu}^{2+}$?

3. Як зміниться величина рН ацетатного буферного розчину:

1) збільшиться

2) зменшиться

3) залишиться незмінною

якщо концентрації компонентів буферного розчину зменшити вдвічі?

4. При якому значенні рН розчинність CaCO_3 буде найбільшою?

1) рН 2,0

2) рН 4,5

3) рН 6,0

5. Який із перелічених металів:

1) Ag ($E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag})=0,799 \text{ В}$)

2) Mg ($E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg})= -2,37 \text{ В}$)

3) Zn ($E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})= -0,763 \text{ В}$)

буде витіснити свинець з розчину $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$?

($E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})= -0,126 \text{ В}$) ?

6. Який заряд комплексного іона, утвореного $\text{Fe}(\text{II})$ - $[\text{Fe}(\text{NH}_3)(\text{CN})_5]$

1) -2

2) -3

3) -4?

7. З якої солі нікелю (II):

1) $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

2) $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6\text{SO}_4$

3) $\text{K}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$

можна дією натрій гідроксиду (NaOH) отримати осад нікель гідроксиду $\text{Ni}(\text{OH})_2$?

8. З якої формули:

$$1) E = \frac{0,059}{2} \lg[Cu^{2+}]$$

$$2) E = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} + \frac{0,059}{2} \lg[Cu^{2+}]$$

$$3) E = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} + 0,059 \lg[Cu^{2+}]^2$$

розраховують потенціал мідного електрода при 25 °С?

9. За якої концентрації іонів Ag^+ :

1) 2,87 моль/л

2) $2,87 \cdot 10^{-14}$ моль/л

3) $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л

потенціал срібного електрода дорівнюватиме нулю? ($E^{\circ}(Ag^+/Ag)=0,799$ В)

10. У якому з розчинів однакової молярної концентрації

міститиметься більше ціанід-іонів:

1) $K_2[Hg(CN)_4]$ $K_H = 1,07 \cdot 10^{-39}$

2) $K_2[Cd(CN)_4]$ $K_H = 7,76 \cdot 10^{-18}$

3) $K_2[Ni(CN)_4]$ $K_H = 1,00 \cdot 10^{-31}$

Варіант №15.

1. Яка із зазначених основ є найсильнішою?

1) аміак ($pK^B=4,76$),

2) метиламін ($pK^B=3,34$),

3) дифеніламін ($pK^B=13,21$)

2. Яке середовище:

1) кисле

2) нейтральне

3) лужне

має розчин, отриманий при змішуванні рівних об'ємів CH_3COOH і $NaOH$?

3. У який колір:

1) червоний

2) фіолетовий

3) синій

збарвлюється розчин хлоридної кислоти при додаванні до нього розчину індикатора - лакмусу?

4. Як змінюється розчинність малорозчинної сполуки під час введення в розчин “сторонніх” солей:

- 1) збільшується
- 2) зменшується
- 3) залишається незмінною?

5. Який із осадів:

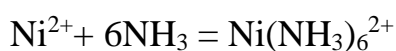
- 1) PbC_2O_4
- 2) $CaCO_3$
- 3) CaC_2O_4

більш розчинний у 1 М розчині ацетатної кислоти?

6. Чому дорівнює координаційне число комплексоутворювача в комплексі $[Co(NH_3)_5(H_2O)]Cl_3$

- 1) 3
- 2) 5
- 3) 6?

7. Яку константу варто використовувати для характеристики рівноваги:



- 1) загальну константу стійкості
- 2) ступінчасту константу стійкості
- 3) загальну константу нестійкості?

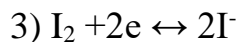
8. За якою формулою:

- 1) $E = \frac{0,059}{2} \lg[Pb^{2+}]$
- 2) $E = E^\circ_{Pb^{2+}/Pb} + \frac{0,059}{2} \lg[Pb^{2+}]$
- 3) $E = E^\circ_{Pb^{2+}/Pb} + 0,059 \lg[Pb^{2+}]^2$

обчислюється потенціал свинцевого електрода за $T = 25^\circ C$?

9. Потенціал якої окисно-відновної пари залежить від рН розчину?

- 1) $CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e \leftrightarrow Cr^{3+} + 4H_2O$
- 2) $Fe(CN)_6^{3+} + 1e \leftrightarrow Fe(CN)_6^{4+}$



10. У якому напрямі:

1) зліва направо

2) справа наліво

протікатиме реакція: $2Fe^{3+} + 2F^- \leftrightarrow 2Fe^{2+} + F_2?$

$(E^\circ(Fe^{3+}/Fe^{2+}))=0,771 \text{ В)}$

$(E^\circ(F_2/2F^-))=2,87 \text{ В)}$

Варіант №16.

1. Яка з перерахованих речовин:

1) $HClO$ ($pK^a=7,53$)

2) $HClO_2$ ($pK^a=1,97$)

3) HCN ($pK^a=9,30$)

4) HF ($pK^a=3,21$)

є найсильнішою кислотою?

2. Яке середовище:

1) кисле

2) лужне

3) нейтральне

у водному розчині купрум (II) нітрату?

3. У якому випадку розчинність осаду $AgSCN$ буде найменшою?

1) у питній воді

2) в 0,1 М $AgNO_3$

3) в 0,1 М KNO_3

4. У якому насиченому розчині рівноважна концентрація карбонат-іону найбільша?

1) Ag_2CO_3 ($PP=1,2 \cdot 10^{-12}$)

2) $CaCO_3$ ($PP=3,8 \cdot 10^{-9}$)

3) $BaCO_3$ ($PP=4,0 \cdot 10^{-10}$)?

5. У якому з розчинів можна розчинити HgS ?

1) HCl

2) HNO_3

3) $\text{HCl} + \text{KI}$

6. На скільки іонів дисоціює комплексна сіль $\text{Cr}(\text{NO}_2)_3 \cdot \text{KNO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

1) 2

2) 4

3) 6?

7. У якому з розчинів концентрація амоніаку (NH_3) буде найбільшою?

1) в 0,1M $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,01 M CuSO_4

2) в 0,1M $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 0,1M CuSO_4

3) в 0,1M $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, що містить 1 M CuSO_4

8. Потенціал якої окисно-відновної пари залежить від рН розчину:

1) $\text{Br}_2 + 2e \leftrightarrow 2\text{Br}^-$

2) $\text{Sn}^{4+} + 2e \leftrightarrow \text{Sn}^{2+}$

3) $\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \leftrightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$?

9. Яким з нижче перерахованих сполук:

1) F_2 ($E^\circ(\text{F}_2/2\text{F}^-)=2,87 \text{ В}$)

2) FeSO_4 ($E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})=0,771 \text{ В}$)

3) H_2O_2 ($E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O})=1,77 \text{ В}$)

можна відновити MnO_4^- до Mn^{2+} у кислому середовищі?

($E^\circ(\text{MnO}_4/\text{Mn}^{2+})=1,51 \text{ В}$)

10. Яка із сполук:

1) HCl

2) H_2O_2

3) KJ

є окисником в реакції:

$2\text{HCl} + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$?

Варіант №17.

1. Яка з перелічених сполук у водному розчині є амфолітом?

1) H_2SO_4

2) NH_4NO_3

3) HCOONa

4) K_2HPO_4

2. У який колір:

1) червоний

2) жовтий

3) помаранчевий

зabarвиться 0,1 М розчин Na_2CO_3 при додаванні до нього метилового оранжевого?

3. Який процес:

1) дисоціація H_2S за I ступенем

2) дисоціація H_2S за II ступенем

3) дисоціація H_2S з відщепленням двох протонів

є домінуючою при розрахунку рівноважної концентрації сульфід-іонів у розчині H_2S ?

4. У якому випадку розчинність $\text{Al}(\text{OH})_3$ буде найбільшою:

1) у питній воді

2) в розчині NH_3

3) в розчині NaOH ?

5. Чи утворюється осад Ag_2CrO_4 ($D.P.=1,1 \cdot 10^{-12}$), якщо до 0,01 М розчину AgNO_3 додати рівний об'єм $1 \cdot 10^{-3}$ М розчину K_2CrO_4 :

1) утворюється

2) не утворюється?

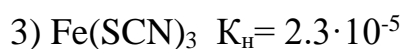
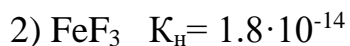
6. Який вираз загальної константи стійкості слід використати для комплексного іону $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$?

1)
$$K_y = \frac{[\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}]}{[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}]^4}$$

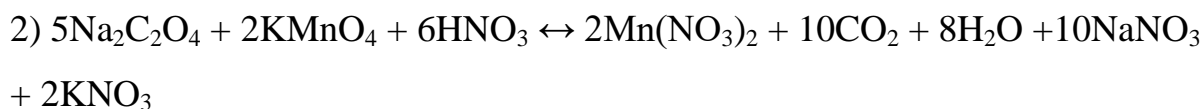
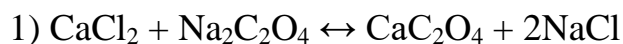
2)
$$K_y = \frac{[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}]^4}{[\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}]}$$

3)
$$K_y = \frac{[\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}]}{[\text{Zn}(\text{OH})_3^-][\text{OH}^-]}$$

7. У якому з розчинів однакової молярної концентрації міститиметься найбільше іонів Fe^{3+} ?



8. Яка з цих реакцій:



належить до окисно-відновних?

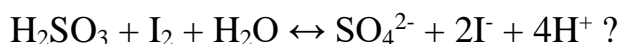
9. Чому дорівнює

1) $1/2$

2) 1

3) $1/4$

фактор еквівалентності H_2SO_3 в реакції:



10. Яку різницю використовують для визначення напрямку окисно-відновних реакцій в розчинах?

1) концентрацій окисника і відновника;

2) стандартних електродних потенціалів окисника і відновника;

3) зарядів окисника і відновника

Варіант № 18.

1. Яка величина рН:

1) $\text{pH} < 7$

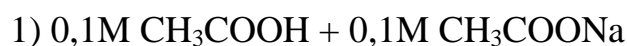
2) $\text{pH} > 7$

3) $\text{pH} = 7$

4) $\text{pH} = 2$

характеризує розчин, отриманий при змішуванні рівних об'ємів 0,4 М розчинів HNO_3 і KOH ?

2. Який буферний розчин:



2) 0,1M NH₃ + 0,1M NH₄Cl

3) 0,1M HCOOH + 0,1M HCOOK

варто використовувати, щоб підтримувати постійне значення рН =9?

3. Яка з перелічених сполук у водному розчині є амфолітом?

1) H₂SO₄

2) Na₂SO₄

3) NaHS

4) Na₂S

4. У якому випадку слід використовувати для розрахунку розчинності концентраційний добуток розчинності?

1) AgCl у воді

2) AgCl в розчині HCl

3) AgCl в розчині NH₃

5. Який із гідроксидів розчинний у HCl та у NaOH?

1) Ni(OH)₂

2) Zn(OH)₂

3) Mn(OH)₂

6. У якому розчині не розчиниться осад Zn(OH)₂?

1) NaOH

2) NH₃

3) H₂O

7. Чи будуть іони Fe³⁺ окиснювати іони I⁻ до I₂, якщо у розчині присутній натрій фторид (NaF). Стандартний потенціал пари E^o_{I₂/I⁻} = 0,621 В; стандартний потенціал пари E^o_{Fe³⁺/Fe²⁺} = 0,771 В

1) так, будуть, оскільки E^o_{Fe³⁺/Fe²⁺} > E^o_{I₂/I⁻}

2) ні, бо при зв'язуванні іонів Fe³⁺ до фторидного комплексу [FeF₆]³⁻ електродний потенціал цієї пари істотно зменшується.

8. Який осад :

1) Ag₂CO₃ (ДР=1,2·10⁻¹²)

2) MnCO₃ (ДР=1,8·10⁻¹¹)

3) Hg₂CO₃ (ДР=8,9·10⁻¹⁷)

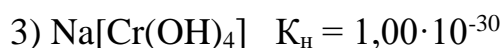
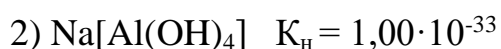
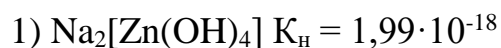
буде випадати першим при поступовому додаванні розчину Na_2CO_3 до розчину, який містить AgNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ концентрацію 0,1 моль/л?

9. З якої солі алюмінію (Al^{3+}):



можна отримати дією натрій фосфату (Na_3PO_4) осад фосфату алюмінію (AlPO_4)?

10. У якому з розчинів однакової молярної концентрації:



міститиме більше гідроксил-іонів?

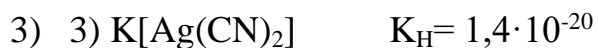
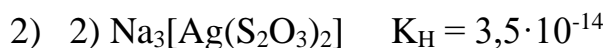
Варіант № 19.

1. У якому розчині:



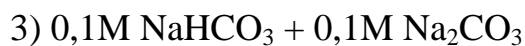
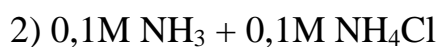
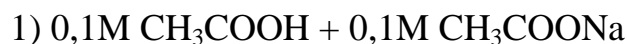
ступінь дисоціації амоніаку найбільша?

2. Який із розчинів однакової молярної концентрації:



містить більше іонів срібла (Ag^+)?

3. Який буферний розчин:



варто використовувати, щоб підтримувати постійне значення рН 4,5?

4. Розчинність якої з малорозчинних сполук, що мають близькі значення добутку розчинності, буде більший в розчині сильної мінеральної кислоти?

- 1) CaCO_3
- 2) CaC_2O_4 ,
- 3) CaSO_3

5. Який із гідроксидів розчинний в 25 % розчині NH_3 ?

- 1) $\text{Co}(\text{OH})_2$
- 2) $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 3) $\text{Mn}(\text{OH})_2$

6. Діями якого реагенту:

- 1) H_2SO_4
- 2) K_2SO_4
- 3) H_2S

не можна зруйнувати комплекс $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$?

7. Яку константу:

- 1) загальну константу стійкості (K_y)
- 2) загальну константу нестійкості (K_n)
- 3) ступінчасту константу стійкості ($K_{y(4)}$)

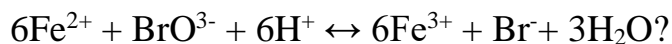
варто використовувати для характеристики рівноваги



8. Який із перелічених іонів:

- 1) Fe^{2+}
- 2) BrO^{3-}
- 3) H^+

є окиснювачем у реакції:

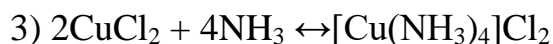
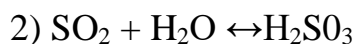
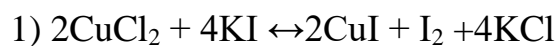


9. Чому дорівнює фактор еквівалентності $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в реакції:



- 1) $1/3$
- 2) 1
- 3) $1/6$

10. Яка з цих реакцій:



належить до окисно-відновних?

Варіант № 20.

1. Який розчин:



потрібно додати 0,1 М NH_3 , щоб отримати розчин з рН 9?

2. Чому дорівнює фактор еквівалентності AlCl_3 :

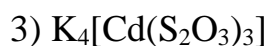
1) $1/3$

2) 1

3) $1/2$

у реакції осадження: $\text{AlCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{AgCl} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$?

3. Який із наведених комплексів:



є катіонним ?

4. Чому дорівнює ступінь окиснення комплексоутворювача:

1) 1

2) 2

3) 3

комплексу $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$?

5. Яка з наступних сполук:



є відновником у реакції: $\text{НСОН} + \text{I}_2 + 2\text{КОН} \leftrightarrow \text{НСООН} + 2\text{КІ} + \text{H}_2\text{O}$?

6. Який розчин:

1) 0,1М NaOH

2) 0,1М CH_3COON

3) 0,1М HCl

потрібно додати до 0,1 М $\text{Сi}_3\text{COOH}$, щоб отримати розчин з рН 5?

7. Який із осадів:

1) ZnS ($\text{ДР}=1,6 \cdot 10^{-24}$)

2) NiS ($\text{ДР}=3,2 \cdot 10^{-19}$)

3) HgS ($\text{ДР}=1,6 \cdot 10^{-52}$)

нерозчинний у 2 М розчині хлоридної кислоти?

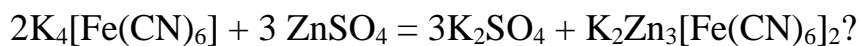
8. Чому дорівнює фактор еквівалентності ZnSO_4 :

1) 1/3

2) 1/6

3) 1/2

у реакції осадження:



9. Який із наведених комплексів купруму (II):

1) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

2) $\text{Na}_2[\text{CuEDTA}]$

3) $\text{Na}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4]$

належить до комплексонів ?

10. У якому насиченому розчині:

1) AgBr ($\text{ДР}=5,3 \cdot 10^{-13}$)

2) Ag_2CO_3 ($\text{ДР}=1,2 \cdot 10^{-12}$)

3) Ag_3PO_4 ($\text{ДР}=1,3 \cdot 10^{-20}$)

рівноважна концентрація іона Ag^+ найменша?

ВІДПОВІДІ НА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Таблиця 1

Номер варіанту	Номер завдання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	2	3	2	1	3	4	3	3	1
2	1	4	3	2	2	4	1	1	3	4
3	3	1	2	1	4	2	2	1	4	2
4	2	3	2	1	1	2	4	3	4	2
5	3	2	4	3	1	1	1	3	2	1
6	3	1	2	4	3	2	2	1	1	2
7	2	2	4	1	2	3	4	1	2	3
8	1	3	1	2	3	4	3	2	1	4
9	4	2	4	1	1	2	2	3	4	2
10	3	1	1	3	2	2	3	3	1	2
11	1	1	4	2	4	4	2	2	4	4
12	3	2	2	4	3	3	3	2	2	3
13	1	2	4	2	2	3	4	3	2	3
14	3	1	1	4	1	3	3	1	4	3
15	2	1	3	3	2	2	2	4	3	2
16	3	2	3	3	1	2	1	3	2	2
17	1	4	1	3	2	3	4	3	2	3
18	1	3	2	2	3	1	1	1	3	1
19	1	3	4	1	3	4	4	4	4	4
20	2	4	4	3	4	2	3	3	4	2
21	3	1	2	4	1	3	3	2	1	3
22	2	1	1	3	4	4	1	2	1	1
23	4	2	1	4	2	1	3	1	2	3
24	2	3	3	4	3	2	1	4	3	1
25	2	1	4	2	1	4	2	2	2	4

ДОДАТКИ

Розрахунок концентрацій іонів $[H^+]$ та pH розчинів

№	Склад розчину	$[H^+]$ або $[OH^-]$	pH або pOH
1	Сильна кислота (HA)	$[H^+] = C(HA)$	$pH = -\lg[H^+] = -\lg C(HA)$
2	Сильна основа (B)	$[OH^-] = C(B)$	$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg C(B)$
3	Слабка кислота (HA)	$[H^+] = \sqrt{K_{HA} \cdot C(HA)}$	$pH = \frac{1}{2} pK_{HA} - \frac{1}{2} \lg C(HA)$
4	Слабка основа (B)	$[OH^-] = \sqrt{K_B \cdot C(B)}$	$pOH = \frac{1}{2} pK_B - \frac{1}{2} \lg C(B)$ $pH = 14 - \frac{1}{2} pK_B + \frac{1}{2} \lg C(B)$
Буферні розчини, які містять:			
5	слабку кислоту (HA) та її сіль (KtA)	$[H^+] = K_{HA} \cdot \frac{C_{HA}}{C_{KtA}}$	$pH = pK_{HA} - \lg \frac{C_{HA}}{C_{KtA}}$
6	слабку основу (B) та її сіль (KtA)	$[OH^-] = K_B \cdot \frac{C_B}{C_{KtA}}$	$pOH = pK_B - \lg \frac{C_B}{C_{KtA}}$ $pH = 14 - pK_B + \lg \frac{C_B}{C_{KtA}}$
Гідроліз солей, які утворені:			
7	сильною основою (B) та слабкою кислотою (HA) (гідроліз за анаіоном, $pH > 7$)	$[OH^-] = \sqrt{K_2 \cdot C(KtA)} = \sqrt{C(KtA) \cdot \frac{K_W}{K_{HA}}}$	$pOH = 7 - \frac{1}{2} pK_{HA} - \frac{1}{2} \lg C(KtA)$ $pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{HA} + \frac{1}{2} \lg C(KtA)$
8	сильною кислотою (HA) та слабкою основою (B) (гідроліз за катіоном, $pH < 7$)	$[H^+] = \sqrt{K_2 \cdot C(KtA)} = \sqrt{C(KtA) \cdot \frac{K_W}{K_B}}$	$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_B - \frac{1}{2} \lg C(KtA)$
9	слабкою кислотою (HA) та слабкою основою (B) (гідроліз за катіоном та анаіоном)	$[H^+] = \sqrt{K_W \cdot \frac{K_{HA}}{K_B}}$	$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{HA} - \frac{1}{2} pK_B$

де C – нормальна концентрація відповідної сполуки; K – константа йонізації відповідної сполуки (Додаток 2); pK – силовий показник слабкої кислоти чи основи, $pK = -\lg K$.