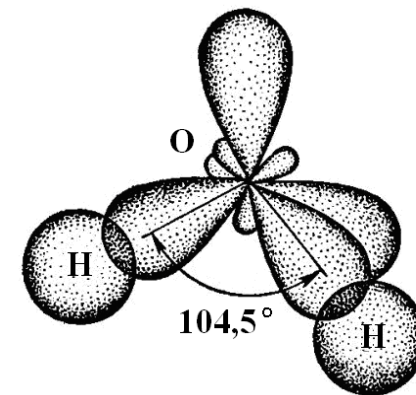


**Методичні вказівки
для самостійної роботи студентів з хімії
Частина 2**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
для самостійної роботи студентів з хімії
Частина 2**

Вінниця
ВНТУ
2018

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 7 від 29.03.2017 р.)

Рецензенти:

В. Г. Петрук, доктор технічних наук, професор

Т. І. Ющенко, кандидат хімічних наук, доцент

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з хімії. Частина 2 / Уклад. О. А. Гордієнко, М. В. Євсєєва, А. П. Ранський. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 51 с.

Методичні вказівки містять основні теоретичні питання та рекомендовану літературу, необхідну для їх опрацювання, а також приклади виконання типових завдань та контрольні завдання для перевірки знань студентів з чотирьох тем загальної хімії: розчини, розчини електролітів, хімія води і координаційні сполуки.

ЗМІСТ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	4
1 РОЗЧИНИ.....	5
1.1 Основні питання теми та рекомендована література	5
1.2 Приклади виконання типових завдань.....	5
Контрольні питання, вправи і задачі	14
2 РОЗЧИНИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ	18
2.1 Основні питання теми та рекомендована література	18
2.2 Приклади виконання типових завдань.....	18
Контрольні питання, вправи і задачі	27
3 ХІМІЯ ВОДИ.....	30
3.1 Основні питання теми та рекомендована література	30
3.2 Приклади виконання типових завдань.....	30
Контрольні питання, вправи і задачі	34
4 КООРДИНАЦІЙНІ СПОЛУКИ.....	38
4.1 Основні питання теми та рекомендована література	38
4.2 Приклади виконання типових завдань.....	38
Контрольні питання, вправи і задачі	43
ЛІТЕРАТУРА.....	46
Додаток А Періодична система елементів Д. І. Менделєєва.....	47
Додаток Б Приклади електролітів різної сили у водних розчинах	48
Додаток В Розчинність основ, кислот і солей у воді.....	49
Додаток Г Константи дисоціації кислот та основ у водних розчинах	50

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Основною метою самостійної роботи студентів є підвищення якості професійної підготовки фахівців, яке направлене на формування дієвої системи фундаментальних і професійних знань, умінь та навичок, які б вони могли ефективно використовувати при вирішенні практичних завдань. Самостійна робота направлена на поглиблення і розширення теоретичних знань, на формування у студентів пізнавального інтересу та розвиток у них самостійності, активності та відповідальності.

Зростання кількості годин, відведених на самостійну роботу студентів, потребує підвищення її ефективності, що також потребує як чіткої організації самостійної роботи, так і належного методичного забезпечення. Однією з складових комплексу методичного забезпечення з хімії є методичні вказівки для самостійної та індивідуальної роботи студентів. Їх використання допоможе студентам ґрунтовно опрацювати теоретичний матеріал, навчитися самостійно розв'язувати розрахункові задачі, підготуватися до практичних, лабораторних занять, різних форм контролю – поточного, модульного, підсумкового, полегшить виконання індивідуальних завдань.

Методичні вказівки призначені для самостійної та індивідуальної роботи студентів денної та заочної форм навчання, які вивчають дисципліни «Загальна хімія», «Хімія», «Хімія з основами біогеохімії», «Хімія доквілля». Вони містять такі розділи:

- розчини;
- розчини електролітів;
- хімія води;
- координаційні сполуки.

Кожен розділ містить основні теоретичні питання та рекомендовану літературу, необхідну для їх опрацювання, а також приклади виконання типових завдань та контрольні питання, вправи і задачі для перевірки знань. Задачі, не позначені зірочкою, є аналогічними або подібними тим, розв'язування яких наведено. Довідковий матеріал, необхідний в процесі виконання контрольних завдань, вправ і задач, винесено як додатки до методичних вказівок. Зважаючи на різний рівень шкільної хімічної підготовки студентів, до методичних вказівок введено задачі різного ступеня складності. Наведені відповіді до контрольних задач дозволять студентам самостійно проконтролювати правильність їх розв'язування.

Використання цих методичних вказівок підвищить ефективність навчального процесу і дозволить студентам глибше оволодіти теоретичним матеріалом та закріпити його при виконанні завдань та розв'язуванні задач.

1 РОЗЧИНИ

1.1 Основні питання теми та рекомендована література

1. Поняття про дисперсні системи. Класифікація дисперсних систем за ступенем дисперсності і агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища.

2. Істинні розчини. Розчинність. Теплові ефекти при розчиненні. Способи вираження концентрації розчинів: масова частка, мольна частка, молярна концентрація, моляльна концентрація, молярна концентрація еквівалента.

3. Колігативні властивості розчинів. Осмос, закон Вант-Гоффа. Тиск насиченої пари над розчином. Перший закон Рауля. Температура кипіння та температура замерзання розчинів. Другий закон Рауля. Антифризи.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 165–180; [2] – С. 224–235; [3] – С. 110–118.

додаткова: [4] – С. 202–204, 206–215; [5] – С. 381–384, 394–410; [6] – С. 117–138; [7] – С. 84–101.

1.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 1.1. Калій хлорид масою 10 г розчинили у воді масою 190 г. Обчисліть масову частку калій хлориду у добутому розчині.

Дано: $m(KCl) = 10 \text{ г}$ $m(H_2O) = 190 \text{ г}$ $\omega(KCl) = ?$	Масову частку розчиненої речовини у розчині (ω , %) обчислюють за формулою: $\omega = \frac{m_{p-p-ни}}{m_{p-ну}} \cdot 100\% = \frac{m_{p-p-ни}}{m_{p-p-ни} + m_{p-ка}} \cdot 100\%, \quad (1.1)$
--	---

де $m_{p-p-ни}$ – маса розчиненої речовини, г;

$m_{p-ну}$ – маса розчину, г;

$m_{p-ка}$ – маса розчинника, г.

За умовою задачі розчинена речовина – KCl , розчинник – H_2O . Тоді

$$\omega(KCl) = \frac{m(KCl)}{m(KCl) + m(H_2O)} \cdot 100\% = \frac{10}{10 + 190} \cdot 100 = 5\%.$$

Відповідь: масова частка KCl у добутому розчині дорівнює 5%.

Завдання 1.2. Обчисліть масу натрій карбонату і об'єм води, які необхідно взяти для приготування 500 мл розчину з масовою часткою солі 5%. Густина розчину дорівнює 1,05 г/мл.

Дано: $V_{p-ny} = 500 \text{ мл}$ $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5\%$ $\rho_{p-ny} = 1,05 \text{ г/мл}$ $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}$ $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - ?$ $V(\text{H}_2\text{O}) - ?$	За умовою задачі розчинена речовина – Na_2CO_3 , розчинник – H_2O . Масу розчину (m_{p-ny} , г) обчислюють за формулою: $m_{p-ny} = \rho_{p-ny} \cdot V_{p-ny}, \quad (1.2)$ де ρ_{p-ny} – густина розчину, г/мл; V_{p-ny} – об'єм розчину, мл.
--	--

$$m_{p-ny} = 1,05 \cdot 500 = 525 \text{ г.}$$

За формулою (1.1) маса розчиненої речовини дорівнює:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m_{p-ny}}{100\%} = \frac{5 \cdot 525}{100} = 26,3 \text{ г.}$$

Враховуючи, що маса розчину є сумою мас розчиненої речовини і розчинника, маємо:

$$m_{p-ny} = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{p-ny} - m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 525 - 26,3 = 498,7 \text{ г.}$$

Об'єм води обчислюємо з використанням формули (1.2):

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = \frac{498,7}{1} = 498,7 \text{ мл} = 499 \text{ мл.}$$

Відповідь: для приготування розчину необхідно 26,3 г Na_2CO_3 та 499 мл води.

Завдання 1.3. У 1 л води розчинили 1,12 л сірководню за нормальних умов. Визначте масову частку H_2S в добутому розчині.

Дано: $V(\text{H}_2\text{S}) = 1,12 \text{ л}$ $V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ л}$ $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}$ $\omega(\text{H}_2\text{S}) - ?$	За умовою задачі розчинена речовина – H_2S , розчинник – H_2O . За формулою (1.2) маса води, в якій розчиняють сірководень, дорівнює $m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ г.}$
---	--

Кількість речовини (ν , моль) обчислюють за формулами

$$\nu = \frac{m}{M}, \quad (1.3)$$

де m – маса речовини, г;

M – молярна маса речовини, г/моль.

$$\nu = \frac{V}{V_\mu}, \quad (1.4)$$

де ν – кількість речовини газу, моль;

V – об'єм газу, л;

V_{μ} – молярний об'єм газу, л/моль; $V_{\mu} = 22,4$ л/моль.

Тоді маса H_2S дорівнює

$$m = \frac{M \cdot V}{V_{\mu}} = \frac{34 \cdot 1,12}{22,4} = 1,7 \text{ г},$$

а масова частка сірководню у розчині, розрахована за формулою (1.1), становить

$$\omega(H_2S) = \frac{m(H_2S)}{m(H_2S) + m(H_2O)} \cdot 100\% = \frac{1,7}{1,7 + 1000} \cdot 100 = 0,17\%.$$

Відповідь: масова частка H_2S у добутому розчині дорівнює 0,17%.

Завдання 1.4. Обчисліть масову частку алюміній нітрату в розчині, утвореному з 0,05 моль $Al(NO_3)_3$ і 25 моль води.

Дано: $\nu(Al(NO_3)_3) = 0,05$ моль $\nu(H_2O) = 25$ моль $\omega(Al(NO_3)_3) = ?$	За умовою задачі розчинена речовина – $Al(NO_3)_3$, розчинник – H_2O . За формулою (1.3) обчислюємо масу солі та води: $m(Al(NO_3)_3) = \nu \cdot M = 0,05 \cdot 213 = 10,7 \text{ г};$ $m(H_2O) = 25 \cdot 18 = 450 \text{ г}.$
---	--

За формулою (1.1) масова частка алюміній нітрату в розчині дорівнює

$$\omega(Al(NO_3)_3) = \frac{m(Al(NO_3)_3)}{m(Al(NO_3)_3) + m(H_2O)} \cdot 100\% = \frac{10,7}{10,7 + 450} \cdot 100 = 2,3\%.$$

Відповідь: масова частка $Al(NO_3)_3$ у розчині дорівнює 2,3%.

Завдання 1.5. Обчисліть масу кальцій гідроксиду, який потрібно розчинити у 2 л води, щоб отримати розчин з масовою часткою 0,1.

Дано: $\omega(Ca(OH)_2) = 0,1$ $V(H_2O) = 2 \text{ л} = 2000 \text{ мл}$ $\rho(H_2O) = 1 \text{ г/мл}$ $m(Ca(OH)_2) = ?$	За умовою задачі розчинена речовина – $Ca(OH)_2$, розчинник – H_2O . За формулою (1.2) маса води, в якій розчиняють $Ca(OH)_2$, дорівнює $m(H_2O) = 1 \cdot 2000 = 2000 \text{ г}.$
--	---

Масову частку кальцій гідроксиду у розчині обчислюють за формулою (1.1):

$$\omega(Ca(OH)_2) = \frac{m(Ca(OH)_2)}{m(Ca(OH)_2) + m(H_2O)}.$$

Тоді маса розчиненої речовини дорівнює

$$0,1 = \frac{m(Ca(OH)_2)}{m(Ca(OH)_2) + 2000},$$

$$0,1 \cdot m(Ca(OH)_2) + 200 = m(Ca(OH)_2),$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 222 \text{ г.}$$

Відповідь: для приготування розчину потрібно 222 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Завдання 1.6. В 300 мл розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 5% (густина розчину 1,054 г/мл) розчинили 10 г натрій гідроксиду. Обчисліть масову частку лугу в утвореному розчині.

<p>Дано:</p> $V_{p-ny} = 300 \text{ мл}$ $\rho_{p-ny} = 1,054 \text{ г/мл}$ $\omega(\text{NaOH}) = 5\%$ $\Delta m(\text{NaOH}) = 10 \text{ г}$ $\omega'(\text{NaOH}) = ?$	<p>За умовою задачі розчинена речовина – NaOH, розчинник – H_2O.</p> <p>Обчислюємо масу розчину за формулою (1.2):</p> $m_{p-ny} = 1,054 \cdot 300 = 316,2 \text{ г.}$ <p>Обчислюємо масу розчиненої речовини у початковому розчині за формулою (1.1) :</p>
---	--

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega(\text{NaOH}) \cdot m_{p-ny}}{100\%} = \frac{5 \cdot 316,2}{100} = 15,8 \text{ г.}$$

Далі обчислюємо масу розчиненої речовини в утвореному розчині

$$m'(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) + \Delta m(\text{NaOH}) = 15,8 + 10 = 25,8 \text{ г}$$

та масу утвореного розчину:

$$m'_{p-ny} = m_{p-ny} + \Delta m(\text{NaOH}) = 316,2 + 10 = 326,2 \text{ г.}$$

Визначаємо масову частку NaOH в утвореному розчині:

$$\omega'(\text{NaOH}) = \frac{m'(\text{NaOH})}{m'_{p-ny}} \cdot 100\% = \frac{25,8}{326,2} \cdot 100 = 7,9\%.$$

Відповідь: масова частка NaOH в утвореному розчині дорівнює 7,9%.

Завдання 1.7. У розчині об'ємом 200 мл міститься натрій гідроксид масою 8 г. Обчисліть молярну концентрацію цього розчину.

<p>Дано:</p> $V_{p-ny} = 200 \text{ мл} = 0,2 \text{ л}$ $m(\text{NaOH}) = 8 \text{ г}$ $C(\text{NaOH}) = ?$	<p>Молярну концентрацію розчину (C, моль/л) обчислюють за формулою:</p> $C = \frac{v_{p-p-ny}}{V_{p-ny}} = \frac{m_{p-p-ny}}{M_{p-p-ny} \cdot V_{p-ny}}, \quad (1.5)$
--	--

де v_{p-p-ny} – кількість речовини, розчиненої в розчині, моль;

V_{p-ny} – об'єм розчину, л;

m_{p-p-ny} – маса розчиненої речовини, г;

M_{p-p-ny} – молярна маса розчиненої речовини, г/моль.

$$C = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH}) \cdot V_{p-ny}} = \frac{8}{40 \cdot 0,2} = 1 \text{ моль/л.}$$

Відповідь: молярна концентрація розчину дорівнює 1 моль/л.

Завдання 1.8. Визначте масову частку хлоридної кислоти у розчині з молярною концентрацією кислоти 8 моль/л і густиною розчину 1,13 г/мл.

Дано: $C(HCl) = 8 \text{ моль/л}$ $\rho_{p-ny} = 1,13 \text{ г/мл}$ $\omega(HCl) - ?$	Прийемо, що об'єм розчину дорівнює 100 мл (0,1 л). За формулою (1.2) маса розчину дорівнює $m_{p-ny} = 1,13 \cdot 100 = 113 \text{ г.}$ За формулою (1.5) визначаємо масу HCl , що міститься в 100 мл даного розчину:
--	--

$$m(HCl) = C(HCl) \cdot M(HCl) \cdot V_{p-ny} = 8 \cdot 36,5 \cdot 0,1 = 29,2 \text{ г.}$$

За формулою (1.1) визначаємо масову частку хлоридної кислоти в цьому розчині:

$$\omega = \frac{m(HCl)}{m_{p-ny}} \cdot 100\% = \frac{29,2}{113} \cdot 100 = 25,8\%.$$

Відповідь: масова частка хлоридної кислоти у 8М розчині дорівнює 25,8%.

Завдання 1.9. Визначте молярну концентрацію розчину, отриманого розчиненням 11,7 г натрій хлориду в 500 г води.

Дано: $m(NaCl) = 11,7 \text{ г}$ $m(H_2O) = 500 \text{ г}$ $C_M(NaCl) - ?$	Молярну концентрацію розчину (C_M , моль/кг) обчислюють за формулою: $C_M = \frac{v_{p-p-ny}}{m_{p-ka}} = \frac{m_{p-p-ny}}{M_{p-p-ny} \cdot m_{p-ka}}, \quad (1.6)$
---	--

де v_{p-p-ny} – кількість речовини, розчиненої в розчині, моль;

m_{p-ka} – маса розчинника, кг;

m_{p-p-ny} – маса розчиненої речовини, г;

M_{p-p-ny} – молярна маса розчиненої речовини, г/моль.

$$C_M = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl) \cdot m_{p-ka}} = \frac{11,7}{58,5 \cdot 0,5} = 0,4 \text{ моль/кг.}$$

Відповідь: молярна концентрація розчину дорівнює 0,4 моль/кг.

Завдання 1.10. Визначте молярну концентрацію еквіваленту розчину з масовою часткою натрій сульфату 12% і густиною розчину 1,11 г/мл.

Дано: $\omega(Na_2SO_4) = 12\%$ $\rho_{p-ny} = 1,11 \text{ г/мл}$ $C_H(Na_2SO_4) - ?$	Прийемо, що об'єм розчину дорівнює 100 мл (0,1 л). За формулою (1.2) маса розчину дорівнює $m_{p-ny} = 1,11 \cdot 100 = 111 \text{ г.}$
--	---

За формулою (1.1) визначаємо масу Na_2SO_4 , що міститься в розчині:

$$m(Na_2SO_4) = \frac{\omega(Na_2SO_4) \cdot m_{p-ny}}{100\%} = \frac{12 \cdot 111}{100} = 13,3 \text{ г.}$$

Молярну концентрацію еквівалента розчину (C_H , моль/л) обчислюють за формулою:

$$C_H = \frac{v_{E_{p.p-ни}}}{V_{p-ну}} = \frac{m_{p.p-ни}}{E_{p.p-ни} \cdot V_{p-ну}}, \quad (1.7)$$

де $v_{E_{p.p-ни}}$ – кількість речовини еквівалента, розчиненої в розчині, моль;

$V_{p-ну}$ – об'єм розчину, л;

$m_{p.p-ни}$ – маса розчиненої речовини, г;

$E_{p.p-ни}$ – молярна маса еквівалента розчиненої речовини, г/моль.

Молярну масу еквівалента солі ($E_{соли}$, г/моль) обчислюють за формулою:

$$E_{соли} = \frac{M_{соли}}{B_{Me} \cdot n_{Me}}, \quad (1.8)$$

де $M_{соли}$ – молярна маса солі, г/моль;

B_{Me} – валентність металу;

n_{Me} – кількість атомів металу.

Тоді молярна маса еквівалента Na_2SO_4 дорівнює

$$E(Na_2SO_4) = \frac{142}{1 \cdot 2} = 71 \text{ г/моль.}$$

За формулою (1.7) визначаємо молярну концентрацію еквівалента розчину натрій сульфату

$$C_H = \frac{m(Na_2SO_4)}{E(Na_2SO_4) \cdot V_{p-ну}} = \frac{13,3}{71 \cdot 0,1} = 1,87 \text{ моль/л.}$$

Відповідь: молярна концентрація еквівалента розчину Na_2SO_4 дорівнює 1,87 моль/л.

Завдання 1.11. Розчинність деякої безводної солі при 80 °C становить 25 г, а при 10 °C – 10 г на 100 г води. Скільки грамів солі виділиться при охолодженні 100 г насиченого при 80 °C розчину до 10 °C? Знайдіть масову частку солі в насиченому розчині, що утворився над осадом.

Дано:

$$m_1(\text{солі}) = 25 \text{ г}$$

$$t_1 = 80 \text{ °C}$$

$$m_2(\text{солі}) = 10 \text{ г}$$

$$t_2 = 10 \text{ °C}$$

$$m(H_2O) = 100 \text{ г}$$

$$m_{p-ну} = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{солі}) - ?$$

$$\omega(\text{солі}) - ?$$

Маса насиченого при 80 °C розчину дорівнює

$$m_{p-ну} = m(\text{солі}) + m(H_2O) = 25 + 100 = 125 \text{ г.}$$

Оскільки в 125 г розчину, насиченому при 80 °C, міститься 25 г солі, то в 100 г цього розчину міститься

$$125 \text{ г розчину} - 25 \text{ г солі}$$

$$100 \text{ г розчину} - x \text{ г солі}$$

$$x = \frac{25 \cdot 100}{125} = 20 \text{ г.}$$

В 100 г цього розчину міститься $100 - 20 = 80$ г води. При 10°C в такій масі води розчинено солі

$$100 \text{ г } H_2O - 10 \text{ г солі}$$

$$80 \text{ г } H_2O - y \text{ г солі}$$

$$y = \frac{10 \cdot 80}{100} = 8 \text{ г.}$$

Таким чином, маса солі, що виділиться при охолодженні 100 г розчину з 80°C до 10°C , дорівнює

$$m(\text{солі}) = x - y = 20 - 8 = 12 \text{ г.}$$

Маса насиченого при 10°C розчину дорівнює

$$m_{p-ny} = m(\text{солі}) + m(H_2O) = 8 + 80 = 88 \text{ г.}$$

Масову частку солі у насиченому розчині, що утворився над осадом, розраховуємо за формулою (1.1)

$$\omega(\text{солі}) = \frac{m(\text{солі})}{m_{p-ny}} \cdot 100\% = \frac{8}{88} \cdot 100 = 9,1\%.$$

Відповідь: маса солі, що виділилась, дорівнює 12 г; масова частка солі у розчині 9,1%.

Завдання 1.12. Визначте масу води, в якій потрібно розчинити 3,6 г глюкози $C_6H_{12}O_6$, щоб тиск насиченої пари води, який за температури 25°C дорівнює 3,169 кПа, зменшився до 3,159 кПа.

Дано:

$$m(C_6H_{12}O_6) = 3,6 \text{ г}$$

$$P = 3,159 \text{ кПа}$$

$$P_0 = 3,169 \text{ кПа}$$

$$m(H_2O) - ?$$

За першим законом Рауля відносно зниження тиску насиченої пари над розчином порівняно з чистим розчинником обчислюють за формулою:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = N, \quad (1.9)$$

де P_0 – тиск насиченої пари над чистим розчинником, кПа;

P – тиск насиченої пари над розчином, кПа;

N – мольна частка розчиненої речовини у розчині.

$$N(C_6H_{12}O_6) = \frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{3,169 - 3,159}{3,169} = 0,003.$$

Мольну частку розчиненої речовини у розчині (N_1) визначають за формулою:

$$N_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2 + \dots + v_n}, \quad (1.10)$$

де v – кількість речовини, *моль*;

1, 2, ..., n – компоненти розчину (розчинені речовини і розчинник).

Кількість речовини глюкози, що обчислена за формулою (1.3), дорівнює

$$v(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{3,6}{180} = 0,02 \text{ моль.}$$

Тоді кількість речовини води, що обчислена за формулою (1.10), дорівнює

$$N(C_6H_{12}O_6) = \frac{v(C_6H_{12}O_6)}{v(C_6H_{12}O_6) + v(H_2O)};$$

$$0,003 = \frac{0,02}{0,02 + v(H_2O)}; \quad v(H_2O) = 6,65 \text{ моль,}$$

а маса води за формулою (1.3) дорівнює

$$m(H_2O) = v(H_2O) \cdot M(H_2O) = 6,65 \cdot 18 = 120 \text{ г.}$$

Відповідь: маса води дорівнює 120 г.

Завдання 1.13. Визначте осмотичний тиск розчину, в 1,5 л якого міститься 10 г цукру $C_{12}H_{22}O_{11}$, при 22 °С.

<p>Дано:</p> <p>$m(C_{12}H_{22}O_{11}) = 10 \text{ г}$</p> <p>$V_{p-ny} = 1,5 \text{ л}$</p> <p>$T = 22 + 273 = 295 \text{ К}$</p> <p>$\pi - ?$</p>	<p>Осмотичний тиск розчину (π, <i>кПа</i>) обчислюють за формулою:</p> $\pi = C \cdot R \cdot T \quad (1.11)$ <p>де C – молярна концентрація розчину, <i>моль/л</i>;</p> <p>T – абсолютна температура, <i>К</i>;</p> <p>R – універсальна газова стала,</p> <p>$R = 8,31 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)}$.</p>
---	--

За формулою (1.5) обчислюємо молярну концентрацію розчину цукру:

$$C = \frac{m(C_{12}H_{22}O_{11})}{M(C_{12}H_{22}O_{11}) \cdot V_{p-ny}} = \frac{10}{342 \cdot 1,5} = 0,02 \text{ моль/л.}$$

Тоді осмотичний тиск розчину цукру дорівнює

$$\pi = 0,02 \cdot 8,31 \cdot 295 = 49 \text{ кПа.}$$

Відповідь: осмотичний тиск розчину цукру дорівнює 49 кПа.

Завдання 1.14. Визначте масу гліцерину $C_3H_5(OH)_3$, який потрібно розчинити в 1,2 кг води, щоб отриманий розчин замерзав при температурі мінус 1,4 °С. Кріоскопічна константа води дорівнює 1,86 К·кг/моль.

Дано: $m(H_2O) = 1,2 \text{ кг}$ $t_{зам(p-n)} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ $K = 1,86 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$ <hr/> $m(C_3H_5(OH)_3) = ?$	Розчин замерзає при більш низькій температурі, ніж чистий розчинник: $\Delta t_{зам} = t_{зам(p-k)} - t_{зам(p-n)} \quad (1.12)$ де $\Delta t_{зам}$ – зменшення температури замерзання розчину, °С; $t_{зам}$ – температура замерзання, °С.
---	---

$$\Delta t_{зам} = 0 \text{ }^\circ\text{C} - (-1,4 \text{ }^\circ\text{C}) = 1,4 \text{ }^\circ\text{C} = 1,4 \text{ К}.$$

За другим законом Рауля зменшення температури замерзання розчину ($\Delta t_{зам}$, °С) пропорційне моляльній концентрації розчину:

$$\Delta t_{зам} = K \cdot C_M, \quad (1.13)$$

де C_M – моляльна концентрація розчину, моль/кг;

K – кріоскопічна константа розчинника, К·кг/моль.

Обчислена за формулою (1.13) моляльна концентрація водного розчину гліцерину становить

$$C_M = \frac{\Delta t_{зам}}{K} = \frac{1,4}{1,86} = 0,75 \text{ моль/кг}.$$

За формулою (1.6) визначаємо масу гліцерину

$$m(C_3H_5(OH)_3) = C_M \cdot M(C_3H_5(OH)_3) \cdot m_{p-ка} = 0,75 \cdot 92 \cdot 1,2 = 82,8 \text{ г}.$$

Відповідь: для приготування розчину потрібно 82,8 г $C_3H_5(OH)_3$.

Завдання 1.15. За якої температури закипить розчин, що містить 18,6 г аніліну $C_6H_5NH_2$ в 800 г бензену C_6H_6 ? Бензен кипить за температури 80,1 °С, ебуліоскопічна константа бензену дорівнює 2,57 К·кг/моль.

Дано: $m(C_6H_5NH_2) = 18,6 \text{ г}$ $m(C_6H_6) = 800 \text{ г}$ $t_{кип}(C_6H_6) = 80,1 \text{ }^\circ\text{C}$ $E = 2,57 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$ <hr/> $t_{кип(p-n)} = ?$	Розчин кипить при більш високій температурі, ніж чистий розчинник: $\Delta t_{кип} = t_{кип(p-n)} - t_{кип(p-k)}, \quad (1.14)$ де $\Delta t_{кип}$ – підвищення температури кипіння розчину, °С; $t_{кип}$ – температура кипіння, °С.
--	---

За другим законом Рауля підвищення температури кипіння розчину ($\Delta t_{кип}$, °С) пропорційне моляльній концентрації розчину:

$$\Delta t_{\text{кип}} = E \cdot C_M, \quad (1.15)$$

де C_M – моляльна концентрація розчину, *моль/кг*;

E – ебуліоскопічна константа розчинника, *К·кг/моль*.

За формулою (1.6) обчислюємо моляльну концентрацію бензенового розчину аніліну:

$$C_M = \frac{m(C_6H_5NH_2)}{M(C_6H_5NH_2) \cdot m(C_6H_6)} = \frac{18,6}{93 \cdot 0,8} = 0,25 \text{ моль/кг.}$$

Підвищення температури кипіння розчину обчислюємо за формулою (1.15):

$$\Delta t_{\text{кип}} = 2,57 \cdot 0,25 = 0,64 \text{ К} = 0,64 \text{ }^\circ\text{C},$$

а температуру кипіння розчину – за формулою (1.14):

$$t_{\text{кип}(p-n)} = \Delta t_{\text{кип}} + t_{\text{кип}(p-k)} = 0,64 + 80,1 = 80,74 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Відповідь: розчин закипить при температурі 80,74 °С.

Контрольні питання, вправи і задачі

- 1.16.** Які системи називають дисперсними? Як їх класифікують за ступенем дисперсності та за агрегатним станом дисперсної фази і дисперсійного середовища?
- 1.17.** У чому відмінність між істинним та колоїдним розчинами?
- 1.18.** Як впливає підвищення температури на розчинність твердих речовин і газів у воді?
- 1.19.** Поясніть, чому при розчиненні *NaOH* у воді теплота виділяється, а розчинення *NaCl* супроводжується поглинанням теплоти з навколишнього середовища.
- 1.20.** Визначте масову частку цукру $C_{12}H_{22}O_{11}$ у розчині, одержаному розчиненням 50 г цукру в 450 г води.
Відповідь: 10%.
- 1.21.** В якому об'ємі води необхідно розчинити глюкозу $C_6H_{12}O_6$ масою 50 г, щоб утворився розчин з масовою часткою глюкози 0,25?
Відповідь: 150 мл.
- 1.22.** Обчисліть масу натрій гідроксиду і об'єм води, які необхідні для приготування 300 мл розчину з масовою часткою *NaOH* 8%. Густина розчину дорівнює 1,087 г/мл.
Відповідь: 26,1 г; 300 мл.
- 1.23.** У 2 л води розчинили 112 л гідроген хлориду за нормальних умов. Визначте масову частку *HCl* в добутому розчині.
Відповідь: 8,4%.
- 1.24.** У 2 л етанолу (густина 0,79 г/мл) за нормальних умов розчинили 4 л сірководню. Обчисліть масову частку H_2S в добутому розчині.
Відповідь: 0,4%.

- 1.25.** Обчисліть масу нітратної кислоти в 2 л розчину з масовою часткою кислоти 10% і густиною 1,05 г/мл.
Відповідь: 210 г.
- 1.26.** Обчисліть масову частку амоній хлориду в розчині, який отримали при розчиненні 0,5 моль NH_4Cl в 55 моль води.
Відповідь: 2,6%.
- 1.27.** В 300 мл розчину з масовою часткою натрій карбонату 3% (густина розчину 1,03 г/мл) розчинили 8,7 г натрій карбонату. Обчисліть масову частку Na_2CO_3 в утвореному розчині.
Відповідь: 5,7%.
- 1.28.** До 500 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 15% (густина розчину 1,102 г/мл) додали 100 мл води. Обчисліть масову частку H_2SO_4 в утвореному розчині.
Відповідь: 12,7%.
- 1.29.** Обчисліть молярну концентрацію та молярну концентрацію еквіваленту розчину, 1 л якого містить 21,2 г натрій карбонату Na_2CO_3 .
Відповідь: 0,2 моль/л; 0,4 моль/л.
- 1.30.** Обчисліть масу калій нітрату KNO_3 , необхідну для приготування 500 мл розчину з молярною концентрацією 0,2 моль/л.
Відповідь: 10,1 г.
- 1.31.** Визначте масову частку нітратної кислоти у розчині з молярною концентрацією HNO_3 12,5 моль/л і густиною розчину 1,356 г/мл.
Відповідь: 58%.
- 1.32.** Визначте молярну концентрацію розчину амоній гідроксиду з масовою часткою NH_4OH 24% і густиною розчину 0,91 г/мл.
Відповідь: 6,24 моль/л.
- 1.33.** Яку масу магній сульфату потрібно розчинити у 300 г води, щоб отримати розчин з молярною концентрацією 0,05 моль/кг.
Відповідь: 1,8 г.
- 1.34.** Визначте молярну концентрацію розчину калій хлориду з масовою часткою KCl 20%.
Відповідь: 3,4 моль/кг.
- 1.35.** Визначте розчинність літій сульфату при 20 °С, якщо 500 г насиченого за цієї температури розчину містить 127,4 г Li_2SO_4 .
Відповідь: 34,2 г солі на 100 г води.
- 1.36.** У 100 г насиченого при 20 °С розчину натрій хлориду міститься 24 г $NaCl$. В якій масі води потрібно розчинити 43 г кухонної солі, щоб отримати при цій температурі насичений розчин?
Відповідь: 136 г.

1.37. Розчинність калій нітрату при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить 110 г , а при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 15 г на 100 г води. Скільки грамів KNO_3 виділиться при охолодженні 300 г насиченого при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ розчину до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Знайдіть масову частку солі в насиченому розчині, що утворився над осадом.

Відповідь: $135,6\text{ г}$; 13% .

1.38. Які властивості розчинів називають колігативними?

1.39. Охарактеризуйте явище осмосу. Чи можна вважати осмос односторонньою дифузією молекул розчинника?

1.40. Що таке осмотичний тиск? Як його обчислюють, а як – вимірюють?

1.41. Яку роль відіграє осмос у життєдіяльності живих організмів?

1.42. Які розчини називають ізотонічними?

1.43. Поясніть, чому тиск пари розчинника над розчином нелеткої речовини менший за тиск пари над чистим розчинником.

1.44. За якої температури починає кипіти рідина, а за якої – замерзати?

1.45. Поясніть, чому морська вода замерзає при температурі, нижчій $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.46. Поясніть, чому тане лід в морозну погоду при посипанні його сіллю.

1.47. Наведіть приклади використання розчинів з низькою температурою замерзання. Як їх називають?

1.48. Обчисліть осмотичний тиск розчину, що містить $0,62\text{ г}$ етиленгліколю $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ в $0,1\text{ л}$ розчину при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Відповідь: $268,4\text{ кПа}$.

1.49. Розчин, що містить 2 г неелектроліту в 200 мл , при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ має осмотичний тиск 249 кПа . Обчисліть молярну масу неелектроліту.

Відповідь: 91 г/моль .

1.50. При $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1000 г води розчинили 120 г глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Обчисліть:

а) осмотичний тиск розчину (густина розчину дорівнює $1,046\text{ г/мл}$);

б) тиск насиченої водяної пари над розчином (тиск водяної пари за цієї температури дорівнює $2,34\text{ кПа}$);

в) температуру замерзання розчину (кріоскопічна константа води дорівнює $1,86\text{ К}\cdot\text{кг/моль}$);

г) температуру кипіння розчину (ебуліоскопічна константа води дорівнює $0,53\text{ К}\cdot\text{кг/моль}$).

Відповідь: 1516 кПа ; $2,31\text{ кПа}$; $-1,24\text{ }^{\circ}\text{C}$; $100,35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.51. Визначте масу гліцерину $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$, який потрібно розчинити в 360 г води, щоб тиск насиченої пари води, який за температури $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $3,786\text{ кПа}$, зменшився до $3,756\text{ кПа}$.

Відповідь: $14,8\text{ г}$.

1.52* При $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ тиск пари над водним розчином сахарози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ дорівнює $4,15\text{ кПа}$. Тиск пари над чистою водою за тієї ж температури дорівнює $4,24\text{ кПа}$. Густина розчину дорівнює $0,9956\text{ г/мл}$. Обчисліть осмотичний тиск цього розчину.

Відповідь: 2138 кПа .

1.53. Розчин, що містить 5,4 г неелектроліту в 200 г води, замерзає при температурі мінус 0,279 °С. Кріоскопічна константа води дорівнює 1,86 К·кг/моль. Обчисліть молярну масу неелектроліту.

Відповідь: 180 г/моль.

1.54* За якої температури замерзає 10% розчин гліцерину $C_3H_5(OH)_3$ у воді? Кріоскопічна константа води дорівнює 1,86 К·кг/моль.

Відповідь: -2,25 °С.

1.55. Розчин, що складається з 4,6 г гліцерину $C_3H_5(OH)_3$ та 200 г ацетону, закипає при 56,73 °С. Чистий ацетон кипить при 56,30 °С. Обчисліть ебуліоскопічну константу ацетону.

Відповідь: 1,72 К·кг/моль.

1.56* Розчин, що містить 0,217 г сірки і 19,18 г сірковуглецю CS_2 , кипить за температури 319,304 К. Температура кипіння чистого сірковуглецю дорівнює 319,2 К, а ебуліоскопічна константа CS_2 дорівнює 2,37 К·кг/моль. Скільки атомів Сульфуру міститься в молекулі сірки, що розчинена в CS_2 ?

Відповідь: 8 (S_8).

2 РОЗЧИНИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

2.1 Основні питання теми та рекомендована література

1. Властивості розчинів електролітів, ізотонічний коефіцієнт. Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса. Слабкі та сильні електроліти. Ступінь та константа дисоціації, зв'язок між ними.

2. Кислоти, основи та солі з точки зору теорії електролітичної дисоціації. Реакції йонного обміну. Добуток розчинності малорозчинних сполук.

3. Дисоціація води. Йонний добуток води. Водневий показник. Індикатори середовища, механізм їх дії.

4. Гідроліз солей.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 180–208; [2] – С. 235–260; [3] – С. 134–143.

додаткова: [4] – С. 215–232; [5] – С. 410–431, 435–450; [6] – С. 139–174; [7] – С. 101–119.

2.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 2.1. Визначте концентрацію йонів Ba^{2+} та OH^- у розчині $Ba(OH)_2$ з молярною концентрацією 0,005 моль/л.

Дано:	Барій гідроксид – сильний електроліт, що дисоціює за схемою $Ba(OH)_2 \rightleftharpoons Ba^{2+} + 2OH^-$.
$C(Ba(OH)_2) = 0,005$ моль/л	
$[Ba^{2+}] - ?$	
$[OH^-] - ?$	

Концентрацію йонів у розчині сильного електроліту обчислюють за формулою

$$C_{\text{йонів}} = C \cdot n, \quad (2.1)$$

де $C_{\text{йонів}}$ – молярна концентрація йонів певного виду, моль/л;

C – молярна концентрація електроліту, моль/л;

n – кількість йонів певного виду, що утворюються при дисоціації електроліту.

Тоді концентрація йонів у розчині лугу становить:

$$[Ba^{2+}] = C(Ba(OH)_2) \cdot 1 = 0,005 \cdot 1 = 0,005 \text{ моль/л};$$

$$[OH^-] = C(Ba(OH)_2) \cdot 2 = 0,005 \cdot 2 = 0,01 \text{ моль/л}.$$

Відповідь: концентрація йонів барію у розчині дорівнює 0,005 моль/л, йонів гідроксиду – 0,01 моль/л.

Завдання 2.2. Визначте концентрацію йонів NH_4^+ та OH^- у розчині NH_4OH з молярною концентрацією $0,5 \text{ моль/л}$, якщо ступінь дисоціації лугу дорівнює $0,006$.

Дано: $C(NH_4OH) = 0,5 \text{ моль/л}$ $\alpha = 0,006$	Амоній гідроксид – слабкий електроліт, що дисоціює за схемою
$[NH_4^+] - ?$ $[OH^-] - ?$	$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-.$
	Концентрацію йонів у розчині слабого електроліту обчислюють за формулою
	$C_{\text{йонів}} = C \cdot \alpha \cdot n, \quad (2.2)$

де $C_{\text{йонів}}$ – молярна концентрація йонів певного виду, *моль/л*;

C – молярна концентрація електроліту, *моль/л*;

α – ступінь дисоціації електроліту;

n – кількість йонів певного виду, що утворюються при дисоціації електроліту.

Тоді концентрація йонів у розчині лугу становить

$$[NH_4^+] = C(NH_4OH) \cdot \alpha \cdot 1 = 0,5 \cdot 0,006 \cdot 1 = 0,003 \text{ моль/л};$$

$$[OH^-] = C(NH_4OH) \cdot \alpha \cdot 1 = 0,5 \cdot 0,006 \cdot 1 = 0,003 \text{ моль/л}.$$

Відповідь: концентрація йонів барію та гідроксид-іонів у розчині дорівнює $0,003 \text{ моль/л}$.

Завдання 2.3. Визначте концентрацію гідроксид-іонів у розчині з концентрацією гідроген-іонів 10^{-3} моль/л .

Дано: $[H^+] = 10^{-3} \text{ моль/л}$ $[OH^-] - ?$	Для будь-яких водних розчинів справедлива рівність:
	$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}, \quad (2.3)$

де $[H^+]$ – молярна концентрація йонів гідрогену, *моль/л*;

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

Тоді концентрація гідроксид-іонів у цьому розчині дорівнює

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ моль/л}.$$

Відповідь: концентрація гідроксид-іонів у розчині 10^{-11} моль/л .

Завдання 2.4. Визначте концентрацію йонів гідрогену та pH у розчині HCl з молярною концентрацією $0,01 \text{ моль/л}$.

Дано: $C(HCl) = 0,01 \text{ моль/л}$ $[H^+] - ?$ $pH - ?$	Хлоридна кислота – сильний електроліт, що дисоціює за схемою
	$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-.$

Концентрацію йонів гідрогену у розчині кислоти обчислюємо за формулою (2.1):

$$[H^+] = C(HCl) \cdot 1 = 0,01 \cdot 1 = 0,01 \text{ моль/л} = 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Водневий показник pH визначають за формулою:

$$pH = -\lg[H^+], \quad (2.4)$$

де $[H^+]$ – молярна концентрація йонів гідрогену, моль/л.

Тоді pH цього розчину дорівнює

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 10^{-2} = 2.$$

Відповідь: концентрація йонів гідрогену у розчині 10^{-2} моль/л, $pH = 2$.

Завдання 2.5. Чому дорівнює концентрація гідроген-іонів і гідроксид-іонів у розчині з $pH = 3$?

Дано: $pH = 3$ $[H^+] - ?$ $[OH^-] - ?$	Молярну концентрацію йонів гідрогену ($[H^+]$, моль/л) визначають за формулою: $[H^+] = 10^{-pH}, \quad (2.5)$ де pH – водневий показник.
--	--

Тоді концентрація йонів гідрогену дорівнює

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Концентрацію гідроксид-іонів в розчині обчислюємо за формулою (2.3):

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

Відповідь: концентрація гідроген-іонів у розчині 10^{-3} моль/л, гідроксид-іонів 10^{-11} моль/л.

Завдання 2.6. Чому дорівнює гідроксильний показник pOH у розчині з $pH = 6$?

Дано: $pH = 6$ $pOH - ?$	Між водневим pH і гідроксильним pOH показниками існує зв'язок: $pH + pOH = 14. \quad (2.6)$ $pOH = 14 - pH = 14 - 6 = 8.$
--------------------------------	--

Відповідь: $pOH = 8$.

Завдання 2.7. Визначте pH у розчині натрій гідроксиду, який містить 0,04 г $NaOH$ в 1000 мл розчину.

Дано: $m(NaOH) = 0,04 \text{ г}$ $V_{p-ну} = 1000 \text{ мл} = 1 \text{ л}$ $pH - ?$	Молярну концентрацію розчину лугу обчислюємо за формулою (1.5): $C = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH) \cdot V_{p-ну}} = \frac{0,04}{40 \cdot 1} = 0,001 \text{ моль/л.}$
---	---

Натрій гідроксид – сильний електроліт, що дисоціює за схемою



Концентрацію гідроксид-іонів в розчині лугу обчислюємо за формулою (2.1):

$$[OH^-] = C(NaOH) \cdot 1 = 0,001 \cdot 1 = 0,001 \text{ моль/л} = 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Концентрацію йонів гідрогену в розчині обчислюємо за формулою (2.3):

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ моль/л},$$

а водневий показник – за формулою (2.4):

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 10^{-11} = 11.$$

Відповідь: $pH = 11$.

Завдання 2.8. Визначте концентрацію йонів гідрогену та pH в 0,1М розчині $HClO$, якщо ступінь дисоціації хлорноватистої кислоти у цьому розчині становить 0,07%.

Дано: $C(HClO) = 0,1 \text{ моль/л}$ $\alpha = 0,07\% = 0,0007$ <hr/> $[H^+] - ?$ $pH - ?$	Хлорноватиста кислота – слабкий електроліт, що дисоціює за схемою $HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-.$
--	---

Концентрацію йонів гідрогену у розчині кислоти обчислюємо за формулою (2.2):

$$[H^+] = C(HClO) \cdot \alpha \cdot 1 = 0,1 \cdot 0,0007 \cdot 1 = 0,00007 \text{ моль/л} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}.$$

Водневий показник обчислюємо за формулою (2.4):

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(7 \cdot 10^{-5}) = 4,2.$$

Відповідь: концентрація гідроген-іонів у розчині $7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$, $pH = 4,2$.

Завдання 2.9. Визначте pH у розчині CH_3COOH з молярною концентрацією 0,001 моль/л. Константа дисоціації оцтової кислоти дорівнює $1,74 \cdot 10^{-5}$.

Дано: $C(CH_3COOH) = 0,001 \text{ моль/л}$ $K = 1,74 \cdot 10^{-5}$ <hr/> $pH - ?$	Оцтова кислота – слабкий електроліт, що дисоціює за схемою $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+.$
---	--

Для бінарного слабого електроліту за законом розведення Оствальда константа дисоціації (K) пов'язана зі ступенем дисоціації за формулою

$$K = C \cdot \alpha^2, \quad (2.7)$$

де α – ступінь дисоціації;

C – молярна концентрація розчину електроліту, *моль/л*.
Тоді ступінь дисоціації оцтової кислоти у розчині дорівнює

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,74 \cdot 10^{-5}}{0,001}} = 0,13.$$

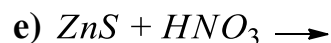
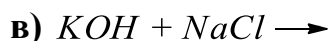
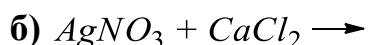
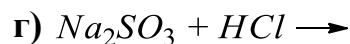
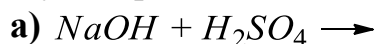
Концентрацію йонів гідрогену у розчині оцтової кислоти обчислюємо за формулою (2.2), а pH – за формулою (2.4):

$$[H^+] = C(CH_3COOH) \cdot \alpha \cdot 1 = 0,001 \cdot 0,13 \cdot 1 = 0,00013 \text{ моль/л} = \\ = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(1,3 \cdot 10^{-4}) = 3,9.$$

Відповідь: $pH = 3,9$.

Завдання 2.10. Запишіть молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначте, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



Завдання виконують у такій послідовності:

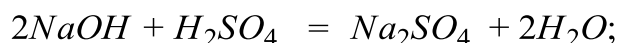
– записують молекулярне рівняння реакції, перевіряють правильність написання хімічних формул продуктів реакції, підбирають коефіцієнти;

– записують повне йонне рівняння реакції. При цьому потрібно пам'ятати, що в повному йонному рівнянні реакції формули слабких електролітів (додаток Б), нерозчинних (додаток В) і газоподібних речовин записують в молекулярному вигляді, а сильних електролітів – у вигляді йонів;

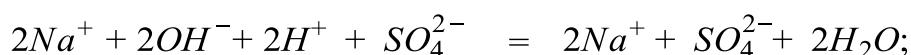
– записують скорочене рівняння реакції, яке отримують виключенням однакових йонів в лівій та правій частинах повного йонного рівняння реакції.

Реакції йонного обміну протікають до кінця, якщо в результаті взаємодії утворюється осад, виділяється газ або утворюється слабкий електроліт.

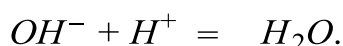
а) **молекулярне рівняння реакції:**



повне йонне рівняння реакції:

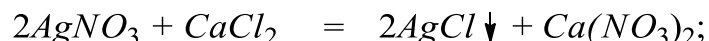


скорочене йонне рівняння реакції:

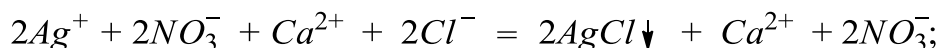


Ця реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції утворився слабкий електроліт – вода.

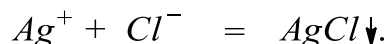
б) молекулярне рівняння реакції:



повне йонне рівняння реакції:

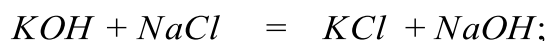


скорочене йонне рівняння реакції:

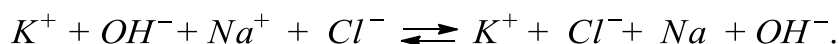


Ця реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції утворився осад.

в) молекулярне рівняння реакції:

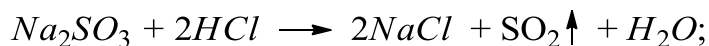


повне йонне рівняння реакції:

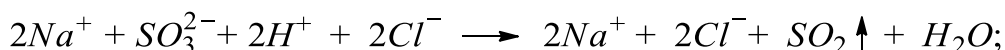


Ця реакція йонного обміну не проходить до кінця; у розчині будуть існувати чотири види йонів; скорочене йонне рівняння записати неможливо.

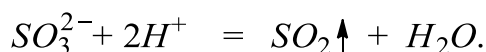
г) молекулярне рівняння реакції:



повне йонне рівняння реакції:

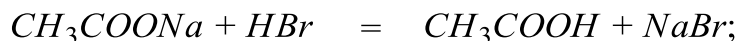


скорочене йонне рівняння реакції:

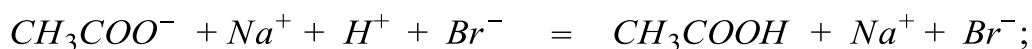


Ця реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції утворився газ і слабкий електроліт – вода.

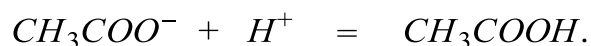
д) молекулярне рівняння реакції:



повне йонне рівняння реакції:

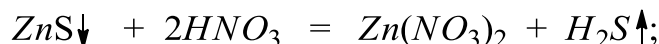


скорочене йонне рівняння реакції:

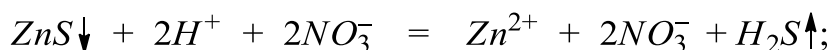


Ця реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції утворився слабкий електроліт – оцтова кислота.

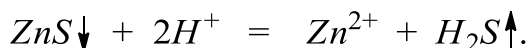
е) молекулярне рівняння реакції:



повне йонне рівняння реакції:

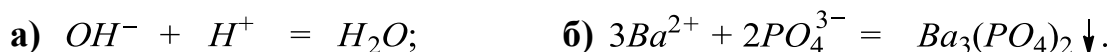


скорочене йонне рівняння реакції:



Ця реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції розчинився осад та утворився газ.

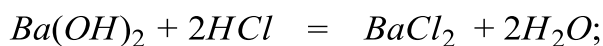
Завдання 2.11. Запишіть молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



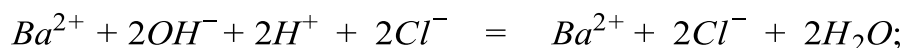
Скорочені йонні рівняння характеризують суть реакцій йонного обміну і показують, які йони реагують між собою та які речовини при цьому утворюються.

а) водні розчини речовин, що містять йони OH^- та H^+ , реагують між собою з утворенням слабого електроліту – H_2O . Речовиною, розчин якої містить йони OH^- , може бути будь-яка сильна основа, а речовиною, розчин якої містить йони H^+ , – будь-яка сильна кислота (додаток Б).

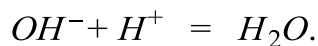
Молекулярне рівняння реакції:



Повне йонне рівняння реакції:



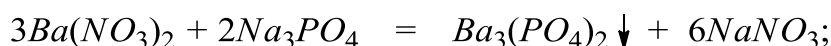
Скорочене йонне рівняння:



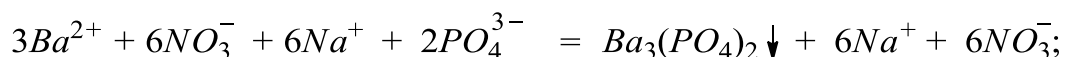
Отримане скорочене йонне рівняння збігається з наведеним в умові завдання.

б) водні розчини речовин, що містять йони Ba^{2+} та PO_4^{3-} , реагують між собою з утворенням нерозчинної солі $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$. Речовинами, розчини яких містять йони Ba^{2+} та PO_4^{3-} , можуть бути будь-які їх розчинні солі (додаток В).

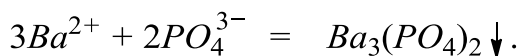
Молекулярне рівняння реакції:



Повне йонне рівняння реакції:



Скорочене йонне рівняння:



Отримане скорочене йонне рівняння збігається з наведеним в умові завдання.

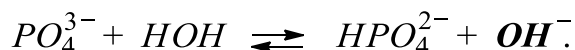
Завдання 2.12. Визначте pH середовища у розчинах солей. Відповідь підтвердіть рівняннями гідролізу.

а) KNO_3 ; б) Na_3PO_4 ; в) $ZnCl_2$; г) CH_3COONH_4 .

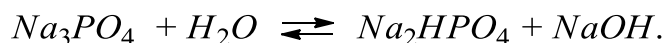
При розчиненні у воді багатьох солей відбувається хімічна взаємодія між йонами солі і молекулами води, в результаті якої утворюється слабкий електроліт і змінюється кислотність (pH) середовища. Таку реакцію називають гідролізом солей. За кімнатної температури, для не дуже розведених розчинів солей гідроліз проходить, переважно, тільки за першим ступенем.

а) сіль KNO_3 утворена сильною основою KOH і сильною кислотою HNO_3 . Йони K^+ не можуть зв'язати йони OH^- , оскільки KOH є сильним електролітом, а йони NO_3^- не можуть зв'язати йони H^+ , оскільки HNO_3 також є сильним електролітом. Таким чином, при розчиненні у воді сіль KNO_3 гідролізу не піддається і кислотність середовища не змінюється. Розчин солі має нейтральну реакцію, $pH = 7$.

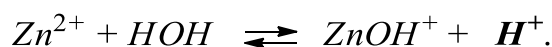
б) сіль Na_3PO_4 , утворена сильною основою $NaOH$ і слабкою кислотою H_3PO_4 . Йони Na^+ не можуть зв'язати йони OH^- , оскільки $NaOH$ є сильним електролітом, тоді як йони PO_4^{3-} зв'язують йони H^+ з утворенням слабого електроліту HPO_4^{2-} :



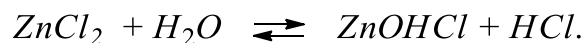
При цьому в розчині зростає концентрація йонів OH^- і тому він набуває лужної реакції, $pH > 7$. Молекулярне рівняння гідролізу солі:



в) сіль $ZnCl_2$ утворена слабкою основою $Zn(OH)_2$ і сильною кислотою HCl . Йони Cl^- не можуть зв'язати йони H^+ , оскільки HCl є сильним електролітом, тоді як йони Zn^{2+} зв'язують йони OH^- з утворенням слабого електроліту $ZnOH^+$:



При цьому в розчині зростає концентрація йонів H^+ і тому він набуває кислої реакції, $pH < 7$. Молекулярне рівняння гідролізу солі:



Контрольні питання, вправи і задачі

- 2.14.** Які речовини називаються електролітами? Наведіть приклади таких речовин.
- 2.15.** Назвіть основні положення теорії електролітичної дисоціації Арреніуса.
- 2.16.** Дайте визначення основ, кислот, солей з урахуванням особливостей електролітичної дисоціації сполук.
- 2.17.** Визначте концентрацію йонів Al^{3+} та SO_4^{2-} у розчині $Al_2(SO_4)_3$ з молярною концентрацією 0,001 моль/л.
Відповідь: 0,002 моль/л; 0,003 моль/л.
- 2.18.** Визначте концентрацію йонів H^+ та NO_2^- у розчині HNO_2 з молярною концентрацією 0,005 моль/л, якщо ступінь дисоціації кислоти дорівнює 0,1.
Відповідь: 0,0005 моль/л; 0,0005 моль/л.
- 2.19.** Які властивості розчинника впливають на можливість електролітичної дисоціації розчинених у ньому речовин?
Чи завжди оцтова кислота, натрій хлорид, калій гідроксид виявляють властивості електролітів? Дайте необхідні пояснення.
- 2.20.** Як пояснити різну електропровідність спиртового та водного розчинів однакової концентрації однієї й тієї самої солі? Який розчин має вищу електропровідність?
- 2.21.** Що таке ступінь електролітичної дисоціації? Від яких факторів залежить його значення і як саме?
- 2.22.** Що покладено в основу розподілу електролітів на сильні та слабкі? Які з них дисоціюють в розчині практично необоротно, а які – частково?
- 2.23.** Дайте визначення константи електролітичної дисоціації. Від яких факторів залежить величина цієї константи?
- 2.24.** Розташуйте кислоти в порядку зростання їхньої сили: оцтову ($K = 1,8 \cdot 10^{-5}$), валеріанову ($K = 1,5 \cdot 10^{-5}$) та нітритну ($K = 4,6 \cdot 10^{-4}$).
- 2.25.** У яких випадках електролітична дисоціація має ступінчастий характер? Що таке ступінчаста константа дисоціації?
Запишіть математичні вирази таких величин для сульфитної кислоти. Яке співвідношення значень ступінчастих та повної констант дисоціації?
- 2.26.** Що таке йонний добуток води?
- 2.27.** Що таке водневий (pH) та гідроксильний (pOH) показники? Чи змінюється їхнє значення для чистої води при зміні температури?

- 2.28.** Виготовлено розчини з $pH = 10$ та $pH = 5$. В якому з них міститься більше йонів гідрогену та у скільки разів? Який з цих розчинів є кислим, а який – лужним?
- 2.29.** Для якого з розчинів (кислого, лужного чи нейтрального) характерне таке співвідношення рівноважних концентрацій йонів гідрогену та гідроксилу: $[H^+] = [OH^-]$. Чому дорівнює pH у цьому розчині?
- 2.30.** Як можна експериментально визначити кислотність середовища?
- 2.31.** Визначте концентрацію йонів гідроксилу в розчині, якщо концентрація йонів H^+ становить 10^{-8} моль/л.
Відповідь: 10^{-6} моль/л.
- 2.32.** Визначте pH розчину, якщо концентрація йонів гідрогену дорівнює 10^{-2} моль/л.
Відповідь: 2.
- 2.33.** Визначте pH розчину, якщо концентрація йонів гідроксилу дорівнює 10^{-3} моль/л.
Відповідь: 11.
- 2.34.** Обчисліть концентрації йонів H^+ та OH^- у розчині з $pH = 5$.
Відповідь: 10^{-5} моль/л; 10^{-9} моль/л.
- 2.35.** Визначте концентрацію йонів гідрогену та pH у розчині HNO_3 з молярною концентрацією 0,001 моль/л.
Відповідь: 10^{-3} моль/л; 3.
- 2.36.** Визначте концентрацію йонів гідрогену та pH у розчині KOH з молярною концентрацією 0,01 моль/л.
Відповідь: 10^{-12} моль/л; 12.
- 2.37.** Визначте молярну концентрацію розчину HCl , якщо pH цього розчину дорівнює 1.
Відповідь: 0,1 моль/л.
- 2.38.** Визначте pH у розчині калій гідроксиду, який містить 0,0028 г KOH в 500 мл розчину.
Відповідь: 10.
- 2.39.** Визначте pH у розчині йодидної кислоти, який містить 0,32 г HI в 250 мл розчину.
Відповідь: 2.
- 2.40*** Визначте масу бромідної кислоти HBr , необхідну для приготування 1 л розчину, pH якого дорівнює 3.
Відповідь: 0,081 г.
- 2.41*** Визначте масу літій гідроксиду $LiOH$, необхідну для приготування 500 мл розчину, pH якого дорівнює 11.
Відповідь: 0,012 г.

2.42. Визначте концентрацію йонів гідрогену та pH в 0,05M розчині HNO_2 , якщо ступінь дисоціації нітритної кислоти у цьому розчині становить 10%.

Відповідь: 0,005 моль/л; 2,3.

2.43. Визначте pH у розчині $HBrO$ з молярною концентрацією 0,1 моль/л. Константа дисоціації бромнуватистої кислоти дорівнює $2,1 \cdot 10^{-9}$.

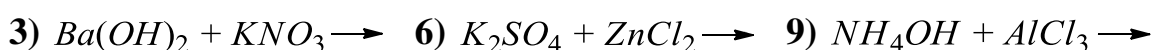
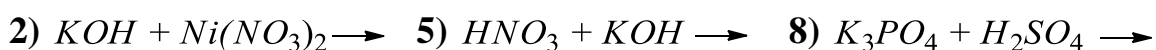
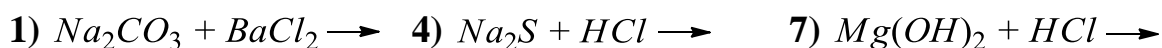
Відповідь: 4,8.

2.44. Визначте pH у розчині NH_4OH з молярною концентрацією 0,001 моль/л. Константа дисоціації амоній гідроксиду дорівнює $1,76 \cdot 10^{-5}$.

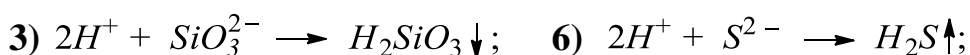
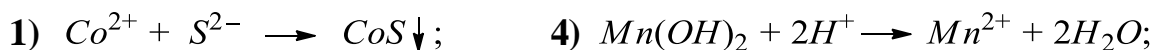
Відповідь: 10,1.

2.45. Які розчини називають буферними?

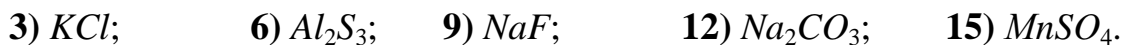
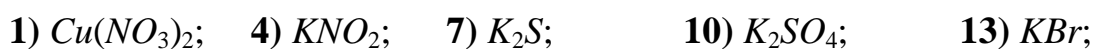
2.46. Запишіть молекулярні, повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначте, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



2.47. Запишіть молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:

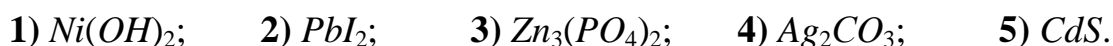


2.48. Визначте pH середовища у розчинах солей. Відповідь підтвердіть рівняннями гідролізу.



2.49. Яку сіль (KNO_3 , $NiSO_4$ чи $NaClO$) потрібно розчинити у воді, щоб розчин набув лужної реакції. Відповідь підтвердіть рівняннями гідролізу.

2.50. Запишіть вираз добутку розчинності таких сполук:



3 ХІМІЯ ВОДИ

3.1 Основні питання теми та рекомендована література

1. Будова молекули води. Водневі зв'язки. Аномальні властивості води. Структура льоду. Діаграма стану води. Види зв'язаної води (кристалізаційна, адсорбційна, гідрогелі, капілярна, хімічно зв'язана вода). Хімічні властивості води.

2. Основні показники складу природних вод: солеміст, твердість, кислотність, лужність, окиснюваність. Розчинність кисню у воді.

3. Методи очищення природної води для побутових та промислових потреб.

4. Самоочищення води в природі. Колообіг води в біосфері. Екологічні функції води.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 239–241, 417–418; [2] – С. 417–418, 499–500;
[3] – С. 157–164.

додаткова: [4] – С. 199–202, 204–206.

3.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 3.1. Обчисліть загальну твердість природної води, в 400 мл якої міститься 0,016 г йонів кальцію та 0,048 г йонів магнію.

Дано:	Твердість води – це сукупність властивостей води, обумовлених наявністю в ній катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Загальну твердість води ($T_{заг}$, ммоль/л) обчислюють за формулою:
$V(H_2O) = 400 \text{ мл} = 0,4 \text{ л}$	
$m(Ca^{2+}) = 0,016 \text{ г} = 16 \text{ мг}$	
$m(Mg^{2+}) = 0,024 \text{ г} = 24 \text{ мг}$	
$T_{заг} - ?$	$T_{заг} = \left[\frac{m(Ca^{2+})}{E(Ca^{2+})} + \frac{m(Mg^{2+})}{E(Mg^{2+})} \right] \cdot \frac{1}{V(H_2O)}, \quad (3.1)$

де $m(Ca^{2+})$, $m(Mg^{2+})$ – маси катіонів металів, мг;

$E(Ca^{2+})$, $E(Mg^{2+})$ – молярні маси еквівалентів катіонів металів, г/моль;

$E(Ca^{2+}) = 20,04 \text{ г/моль}$, $E(Mg^{2+}) = 12,16 \text{ г/моль}$;

$V(H_2O)$ – об'єм води, л.

$$\text{Тоді, маємо } T_{заг} = \left[\frac{16}{20,04} + \frac{24}{12,16} \right] \cdot \frac{1}{0,4} = 6,93 \text{ ммоль/л.}$$

Відповідь: загальна твердість природної води дорівнює 6,93 ммоль/л.

Завдання 3.2. Обчисліть тимчасову твердість води, у 2000 мл якої міститься 324 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і 292 мг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Дано: $V(\text{H}_2\text{O}) = 2000 \text{ мл} = 2 \text{ л}$ $m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 324 \text{ мг}$ $m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = 292 \text{ мг}$ $T_{\text{тимч}} - ?$	Твердість води, яка обумовлена наявністю гідрокарбонатів кальцію і магнію, називають тимчасовою. Тимчасову твердість води ($T_{\text{тимч}}$, ммоль/л) обчислюють за формулою:
---	--

$$T_{\text{тимч}} = \left[\frac{m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)}{E(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)} + \frac{m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)}{E(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)} \right] \cdot \frac{1}{V(\text{H}_2\text{O})}, \quad (3.2)$$

де $m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)$, $m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)$ – маси солей, мг;

$E(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)$, $E(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)$ – молярні маси еквівалентів солей, г/моль;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм води, л.

Розрахуємо молярні маси еквівалентів солей за формулою (1.8):

$$E(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)}{2 \cdot 1} = \frac{162}{2} = 81 \text{ г/моль};$$

$$E(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{M(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)}{2 \cdot 1} = \frac{146}{2} = 73 \text{ г/моль}.$$

Тоді, за формулою (3.2) розрахуємо тимчасову твердість води:

$$T_{\text{тимч}} = \left[\frac{324}{81} + \frac{292}{73} \right] \cdot \frac{1}{2} = 3,5 \text{ ммоль/л}.$$

Відповідь: тимчасова твердість води дорівнює 3,5 ммоль/л.

Завдання 3.3. Обчисліть постійну твердість води, у 500 мл якої міститься 390 мг MgSO_4 .

Дано: $V(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ мл} = 0,5 \text{ л}$ $m(\text{MgSO}_4) = 390 \text{ мг}$ $T_{\text{пост}} - ?$	Постійну твердість води ($T_{\text{пост}}$, ммоль/л) обчислюють за формулою:
---	--

$$T_{\text{пост}} = \left[\frac{m_1}{E_1} + \frac{m_2}{E_2} \right] \cdot \frac{1}{V(\text{H}_2\text{O})}, \quad (3.3)$$

де m_1 – маса солей кальцію, крім $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, мг;

m_2 – маса солей магнію, крім $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, мг;

E_1 і E_2 – молярні маси еквівалентів солей кальцію і магнію, г/моль;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм води, л.

Тоді за формулою (3.3) маємо:

$$T_{\text{пост}} = \frac{m(\text{MgSO}_4)}{E(\text{MgSO}_4)} \cdot \frac{1}{V(\text{H}_2\text{O})}.$$

Обчислимо молярну масу еквівалента солі $MgSO_4$ за формулою (1.8):

$$E(MgSO_4) = \frac{M(MgSO_4)}{2 \cdot 1} = \frac{120}{2} = 60 \text{ г/моль.}$$

$$T_{\text{пост}} = \frac{390}{60} \cdot \frac{1}{0,5} = 13 \text{ ммоль/л.}$$

Відповідь: постійна твердість води дорівнює 13 ммоль/л.

Завдання 3.4. Обчисліть загальну твердість води, якщо для її усунення на 500 мл води витрачено 0,265 г соди.

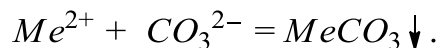
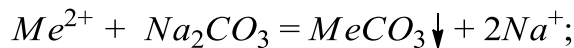
Дано: $V(H_2O) = 500 \text{ мл} = 0,5 \text{ л}$ $m(Na_2CO_3) = 0,265 \text{ г}$ <hr/> $T_{\text{заг}} - ?$	Загальну твердість води ($T_{\text{заг}}$, ммоль/л) обчислюють за формулою (3.1). Кількість речовини еквівалентів йонів кальцію та магнію позначимо через $v_E(Ca^{2+})$ і $v_E(Mg^{2+})$. $\frac{m(Ca^{2+})}{E(Ca^{2+})} = v_E(Ca^{2+}); \quad \frac{m(Mg^{2+})}{E(Mg^{2+})} = v_E(Mg^{2+}).$
--	--

Тоді формула (3.1) набуде вигляду:

$$T_{\text{заг}} = [v_E(Ca^{2+}) + v_E(Mg^{2+})] \cdot \frac{1}{V(H_2O)}, \quad (3.4)$$

$$v_E(Ca^{2+}) + v_E(Mg^{2+}) = v_E(Me^{2+}).$$

При додаванні соди до твердої води відбувається осадження катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} у вигляді карбонатів:



За рівняннями реакції маємо:

$$v_E(CO_3^{2-}) = v_E(Me^{2+}) = v_E(Na_2CO_3).$$

Обчислимо молярну масу еквівалента Na_2CO_3 за формулою (1.8):

$$E(Na_2CO_3) = \frac{M(Na_2CO_3)}{2 \cdot 1} = \frac{106}{2} = 53 \text{ г/моль};$$

$$v_E(Na_2CO_3) = \frac{0,265}{53} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 5 \text{ ммоль.}$$

За формулою (3.1) розраховуємо загальну твердість води:

$$T_{\text{заг}} = 5 \cdot \frac{1}{0,5} = 2,5 \text{ ммоль/л.}$$

Відповідь: загальна твердість води дорівнює 2,5 ммоль/л.

Завдання 3.5. В одному літрі твердої води міститься 29,2 мг $Mg(HCO_3)_2$ і 36,0 мг $MgSO_4$. Яка маса натрій ортофосфату необхідна для пом'якшення 5 м³ такої води?

Дано:

$$V_1(H_2O) = 1 \text{ л}$$

$$m_1(Mg(HCO_3)_2) = 29,2 \text{ мг}$$

$$m_1(MgSO_4) = 36,0 \text{ мг}$$

$$V_2(H_2O) = 5 \text{ м}^3 = 5000 \text{ л}$$

$$m(Na_3PO_4) - ?$$

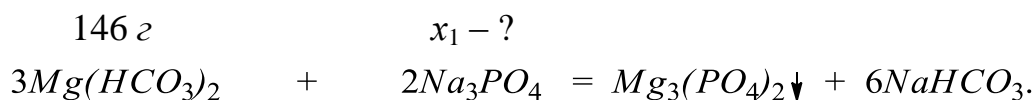
Обчислимо маси солей, які містяться в 5000 л твердої води.

$$m_2(Mg(HCO_3)_2) = 29,2 \cdot 5000 = 146 \text{ г};$$

$$m_2(MgSO_4) = 36,0 \cdot 5000 = 180 \text{ г}.$$

При додаванні до твердої води натрій ортофосфату внаслідок протікання реакцій обміну катіони Mg^{2+} перейдуть в осад. Запишемо рівняння реакцій та розрахуємо масу натрій ортофосфату, яка необхідна для повного осадження катіонів Mg^{2+} . Для цього позначимо масу Na_3PO_4 , що бере участь в першій реакції, через x_1 , а в другій – x_2 .

$$\text{Тоді } m(Na_3PO_4) = x_1 + x_2.$$



$$\nu = 3 \text{ моль}$$

$$\nu = 2 \text{ моль}$$

$$M = 146 \text{ г/моль}$$

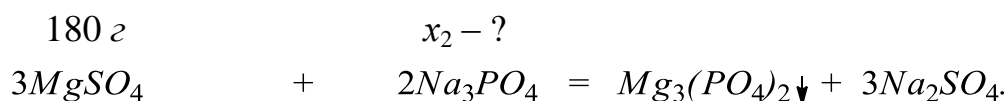
$$M = 164 \text{ г/моль}$$

$$m = 3 \cdot 146 = 438 \text{ г}$$

$$m = 2 \cdot 164 = 328 \text{ г}$$

Складаємо пропорцію і обчислюємо x_1 :

$$\left\{ \begin{array}{l} 146 \text{ г} \text{ — } x_1 \text{ г} \\ 438 \text{ г} \text{ — } 328 \text{ г} \end{array} \right. \quad x_1 = \frac{146 \cdot 328}{438} = 109,33 \text{ г}.$$



$$\nu = 3 \text{ моль}$$

$$\nu = 2 \text{ моль}$$

$$M = 120 \text{ г/моль}$$

$$M = 164 \text{ г/моль}$$

$$m = 3 \cdot 120 = 360 \text{ г}$$

$$m = 2 \cdot 164 = 328 \text{ г}$$

Складаємо пропорцію і обчислюємо x_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} 180 \text{ г} \text{ — } x_2 \text{ г} \\ 360 \text{ г} \text{ — } 328 \text{ г} \end{array} \right. \quad x_2 = \frac{180 \cdot 328}{360} = 164,00 \text{ г}.$$

$$m(Na_3PO_4) = 109,33 + 164,00 = 273,33 \text{ г}.$$

Відповідь: маса натрій ортофосфату дорівнює 273,33 г.

Завдання 3.6. Загальна твердість води дорівнює 12 ммоль/л. Через йонообмінний фільтр пропустили 10 м^3 такої води. Скільки молей еквівалентів Ca^{2+} і Mg^{2+} затримано фільтром, якщо відомо, що загальна твердість зменшилась до 4 ммоль/л?

<p>Дано:</p> $T_{1 \text{ заг}} = 12 \text{ ммоль/л}$ $V(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ м}^3 = 10^4 \text{ л}$ $T_{2 \text{ заг}} = 4 \text{ ммоль/л}$ <hr/> $v_E(\text{Ca}^{2+}) + v_E(\text{Mg}^{2+}) = ?$	<p>Обчислимо, на скільки зменшилась загальна твердість води ($\Delta T_{\text{заг}}$) після пропускання її через йонообмінний фільтр:</p> $\Delta T_{\text{заг}} = T_{1 \text{ заг}} - T_{2 \text{ заг}};$ $\Delta T_{\text{заг}} = 12 - 4 = 8 \text{ ммоль/л.}$
--	---

Обчислимо, скільки молей еквівалентів Ca^{2+} і Mg^{2+} було затримано фільтром, якщо через нього пропустили 10^4 л води. З формули (3.4) маємо:

$$v_E(\text{Ca}^{2+}) + v_E(\text{Mg}^{2+}) = \Delta T_{\text{заг}} \cdot V(\text{H}_2\text{O});$$

$$v_E(\text{Ca}^{2+}) + v_E(\text{Mg}^{2+}) = 8 \cdot 10^4 = 80000 \text{ ммоль} = 80 \text{ моль.}$$

Відповідь: йонообмінним фільтром затримано 80 молей еквівалентів Ca^{2+} і Mg^{2+} .

Контрольні питання, вправи і задачі

- 3.7. Який тип хімічного зв'язку в молекулі води і яка її геометрична форма?
- 3.8. Які аномальні фізичні властивості має вода? Чим обумовлені ці властивості?
- 3.9. Поясніть високу температуру плавлення і кипіння води порівняно з іншими аналогічними сполуками Гідрогену з атомами елементів шостої групи головної підгрупи.
- 3.10. Нарисуйте і поясніть діаграму стану води.
- 3.11. Наведіть приклади хімічних реакцій, в яких бере участь вода.
- 3.12. Поясніть поняття солевміст, лужність і окиснюваність природної води.
- 3.13. Що таке твердість природної води? Чим обумовлена тимчасова і постійна твердість води?
- 3.14. За якою формулою обчислюють загальну твердість природної води і в яких одиницях її вимірюють?
- 3.15. Які основні методи очищення природної води використовують на практиці?
- 3.16. З якою метою проводять процес хлорування води? Які хімічні процеси при цьому відбуваються?

- 3.17. Які методи видалення кисню з води застосовують на практиці при водоочищенні на промислових підприємствах?
- 3.18. З якою метою пом'якшують природну воду? Які методи усунення тимчасової твердості води існують? Запишіть рівняння відповідних реакцій.
- 3.19. Дайте характеристику содовому і фосфатному методам пом'якшення природної води. Відповідь підтвердіть рівняннями реакцій.
- 3.20. Поясніть переваги йонообмінного методу пом'якшення природної води порівняно з іншими. Наведіть рівняння відповідних реакцій.
- 3.21. Як отримують дистильовану воду? Чи можна вважати її хімічно чистою?
- 3.22. Чому тверду воду не можна використовувати для отримання пари на теплових і атомних електростанціях? Відповідь підтвердіть рівняннями реакцій.
- 3.23. Запишіть рівняння реакцій, які відбуваються при використанні термічного методу пом'якшення води. Чи можна застосовувати цей метод в домашніх умовах?
- 3.24. Чому тверду воду небажано використовувати для прання білизни і миття посуду?
- 3.25. Чому в давнину люди для прання використовували дощову воду?
- 3.26. Чому не можна заморожувати воду в скляній посудині? Що при цьому може відбутися?
- 3.27. Для пом'якшення води її пропустили через катіоніт в H -формі. Як при цьому зміниться її pH ? Відповідь підтвердіть рівнянням реакції.
- 3.28. Дистильована вода тривалий час перебувала на відкритому повітрі. Чи зміниться її pH при цьому?
- 3.29. З якою метою використовують коагулянти в процесі водопідготовки?
- 3.30. З метою пом'якшення води використовують негашене вапно. Запишіть рівняння хімічних реакцій, які при цьому відбуваються.
- 3.31. Чому воду часто використовують як теплоносії? Чи потрібно її перед цим пом'якшувати?
- 3.32. Яка фізична властивість води дозволяє її використовувати як універсальний розчинник?
- 3.33. Який газ використовують для отримання газованої води? Запишіть рівняння відповідної хімічної реакції.
- 3.34. Обчисліть загальну твердість природної води, якщо в 500 мл вона містить 80 мг йонів кальцію та 48 мг йонів магнію.

Відповідь: 15,88 ммоль/л.

3.35. Мінеральна вода містить 0,3894 г/л йонів кальцію і 0,0844 г/л йонів магнію. Розрахуйте твердість цієї води.

Відповідь: 25,99 ммоль/л.

3.36. Яка хімічна реакція буде проходити при кип'ятінні твердої води, що містить кальцій гідрогенкарбонат? Запишіть рівняння реакцій, які будуть проходити при додаванні до такої води: а) соди; б) натрій гідроксиду.

3.37. Обчисліть тимчасову твердість води, у 800 мл якої міститься 405 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і 365 мг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Чи можна пом'якшити таку воду при кип'ятінні? Запишіть відповідні рівняння реакцій.

Відповідь: 12,5 ммоль/л.

3.38. В 10 л води міститься 3,33 г CaCl_2 . Яку твердість обумовлює ця сіль? Обчисліть її.

Відповідь: 6 ммоль/л.

3.39. Чому дорівнює твердість води, в 100 л якої міститься 19 г MgCl_2 .

Відповідь: 4 ммоль/л.

3.40. Обчисліть загальну твердість води, якщо для її усунення на 100 л води витрачено 47,7 г соди.

Відповідь: 9 ммоль/л.

3.41. Скільки грамів соди необхідно для пом'якшення 5 м³ природної води, якщо її загальна твердість дорівнює 2,5 ммоль/л? Запишіть рівняння відповідних реакцій.

Відповідь: 662,5 г.

3.42. Обчисліть загальну твердість води, в одному літрі якої міститься 120 мг йонів кальцію. Скільки грамів натрій ортофосфату необхідно для пом'якшення 2 м³ такої води? Запишіть рівняння відповідної реакції.

Відповідь: 6 ммоль/л; 656,04 г.

3.43. Тверда вода містить в одному літрі 162 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і 150 мг CaCl_2 . Скільки грамів натрій карбонату необхідно для пом'якшення 1 м³ такої води?

Відповідь: 249,1 г.

3.44. Постійна твердість води становить 3,8 ммоль/л. Скільки грамів соди необхідно додати до 200 л такої води для її пом'якшення. Записати рівняння реакції.

Відповідь: 40,28 г.

3.45. Постійна твердість дорівнює 3,18 ммоль/л. Скільки грамів натрій ортофосфату необхідно для пом'якшення 10 м³ цієї води?

Відповідь: 1738,51 г.

3.46. Загальна твердість води дорівнює 4 ммоль/л. Через йонообмінний фільтр пропустили 100 л такої води. Скільки молей еквівалентів Ca^{2+} і Mg^{2+} затримано фільтром, якщо відомо, що загальна твердість зменшилась до 0,5 ммоль/л?

Відповідь: 0,35 ммоль.

3.47. У воді об'ємом 3 л міститься магній гідрогенкарбонат з молярною концентрацією 0,02 моль/л. Обчисліть масу гашеного вапна, яка необхідна для її пом'якшення. Запишіть рівняння реакції, яка при цьому відбувається.

Відповідь: 8,88 г.

3.48. Тверда вода містить в одному літрі 81 мг $Ca(HCO_3)_2$ і 55,5 мг $CaCl_2$. Для її пом'якшення до такої води спочатку додали гашене вапно, а потім натрій ортофосфат. Скільки грамів гашеного вапна та натрій ортофосфату необхідно для пом'якшення 2 м³ такої води?

Відповідь: 74 г; 109,4 г.

3.49. Чи можна назвати прісною воду, солевміст якої 20 г/л? Відповідь поясніть.

3.50. Запропонуйте методи опріснення морської води.

4 КООРДИНАЦІЙНІ СПОЛУКИ

4.1 Основні питання теми та рекомендована література

1. Структура комплексних сполук. Координаційна теорія А. Вернера. Комплексоутворювачі і ліганди, координаційні числа.
2. Номенклатура комплексних сполук та їх класифікація.
3. Природа хімічного зв'язку в координаційних сполуках. Ізомерія комплексних сполук та її види.
4. Дисоціація цих сполук в розчинах. Константа нестійкості.
5. Роль комплексних сполук в живих організмах. Гемоглобін, хлорофіл. Застосування комплексних сполук в аналітичній хімії, медицині, промисловості, в процесах очищення води та інших галузях народного господарства.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

- основна: [1] – С. 160–165; [2] – С. 260–271, 278–279; [3] – С. 176–184.
додаткова: [4] – С. 84–90, 370–374; [5] – С. 264–326; [6] – С. 317–352;
[7] – С. 275–295, 389–402.

4.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 4.1. Визначте заряди комплексного йона та елемента-комплексоутворювача, координаційне число центрального йона, кількість лігандів і їх дентатність та склад зовнішньої сфери в таких сполуках:



Відповідно до основних положень теорії А. Вернера [3, С. 176–177] для наведених вище комплексних сполук розставимо заряди частинок, які входять до їх складу, враховуючи, що в цілому молекула є нейтральною частинкою.

а) $[Cr^{3+}Br_2^{1-}(H_2O)_4]^+NO_3^-$, перевіримо суму зарядів складових частинок даної сполуки.

$$1 \cdot (+3) + 2 \cdot (-1) + (4 \cdot 0) + 1 \cdot (-1) = 0$$

- комплексний йон – катіон $[CrBr_2(H_2O)_4]^+$;
- центральний йон – комплексоутворювач – Cr^{3+} ;
- координаційне число центрального йона – $2 + 4 = 6$;
- монодентатні ліганди – йони Br^- та молекули H_2O ;
- зовнішня сфера комплексу – йон NO_3^- .

б) за аналогічною методикою опишемо сполуку $Na_2[Sn(OH)_6]$.

$Na_2^+[Sn^{4+}(OH)_6]^{2-}$, перевіримо суму зарядів складових частинок даної сполуки:

$$2 \cdot (+1) + 1 \cdot (+4) + 6 \cdot (-1) = 0.$$

- комплексний йон – аніон $[Sn^{4+}(OH^-)_6]^{2-}$;
- центральний йон – комплексоутворювач – Sn^{4+} ;
- координаційне число центрального йона – 6;
- монодентатні ліганди – OH^- ;
- зовнішня сфера комплексу – йони Na^+ .

Завдання 4.2. Напишіть формули таких комплексних сполук:

- а)** літій гексагідроксохромат (III);
- б)** діакватетрамінкобальт (II) сульфат.

Як впливає з назви сполуки, комплексоутворювачем в сполуці **а)** є йон Cr^{3+} , а лігандами – шість гідроксильних груп OH^- , на це вказує слово «гідроксо», перед яким є префікс «гекса».

З урахуванням всіх перерахованих частинок одержуємо формулу комплексного йона $[Cr(OH)_6]^x$, а його заряд визначаємо як алгебраїчну суму зарядів всіх складових $x = 1 \cdot (+3) + 6 \cdot (-1) = -3$, тобто $[Cr(OH)_6]^{3-}$.

Координаційне число Cr^{3+} дорівнює шести, оскільки OH^- -іон є монодентатним лігандом. Зовнішня сфера комплексної сполуки – протийон, який має такий самий за величиною, але протилежний за знаком заряд (+3), що забезпечується трьома йонами Li^+ . Кінцева формула $Li_3[Cr(OH)_6]$.

Аналогічно визначаємо формулу сполуки **б)** діакватетрамінкобальт (II) сульфат.

Комплексоутворювач – Co^{2+} , ліганди – дві молекули H_2O і чотири молекули NH_3 . Тоді комплексний йон має формулу $[Co(H_2O)_2(NH_3)_4]^x$. Визначаємо його заряд: $x = 1 \cdot (+2) + 2 \cdot (0) + 4 \cdot (0) = +2$. У зовнішній сфері комплексної сполуки розміщений йон SO_4^{2-} , який нейтралізує заряд комплексної частинки. Кінцева формула $[Co(H_2O)_2(NH_3)_4]SO_4$.

Завдання 4.3. Запишіть назви таких комплексних сполук:

- а)** $[Cd Cl(NH_3)_5]Br$;
- б)** $Na_2[Cu(NO_2)_4]$.

Комплексні сполуки називають, починаючи з катіона. Назву комплексного йона складають так: в алфавітному порядку перелічують ліганди, вказуючи перед назвою ліганду його кількість за допомогою грецьких числівників (ди, три, тетра, пента, гекса і т. д.). Останнім називають комплексоутворювач та його заряд (римськими цифрами після назви комплексоутворювача).

У назвах катіонних і нейтральних комплексних йонів не передбачено спеціальних закінчень, а назви аніонних комплексів мають суфікс *-ат*, що додається до кореня назви центрального атома.

В цілому для складання назви комплексної сполуки необхідно визначити за формулою зовнішню сферу та її заряд, заряд комплексного йона, заряди лігандів і заряд комплексоутворювача.

а) комплексна сполука $[Cd^{2+}Cl^-(NH_3)_5]^+Br^-$ катіонного типу і вона містить:

- комплексний йон – катіон $[CdCl(NH_3)_5]^+$;
- комплексоутворювач – Cd^{2+} ;
- ліганди – Cl^- і п'ять молекул NH_3 ;
- зовнішню сферу – йон Br^- .

Називаємо цю сполуку відповідно до вимог номенклатури: пентаамінхлорокадмій (II) бромід.

б) комплексна сполука $Na_2^+[Cu^{2+}(NO_2^-)_4]^{2-}$ – аніонного типу, вона містить:

- комплексний йон – аніон $[Cu(NO_2)_4]^{2-}$;
- комплексоутворювач – Cu^{2+} ;
- ліганди – аніони NO_2^- ;
- зовнішню сферу – два катіона Na^+ .

Називаємо цю сполуку відповідно до вимог номенклатури: натрій тетранітритокупрат (II).

Завдання 4.4. З частинок Na^+ , Cr^{3+} , Cl^- , NH_3 складіть усі можливі формули координаційних сполук та назвіть ці сполуки.

Серед наведених частинок найімовірніше як комплексоутворювач буде виступати Cr^{3+} , який належить до *d*-металів, найбільше схильних до комплексоутворення. Ступінь окиснення +3 зумовлює координаційне число 6, тому навколо Cr^{3+} має скупчуватись шість лігандів – негативно заряджених йонів чи нейтральних молекул, що містять неподілені електронні пари. Такими є Cl^- і NH_3 . Тоді зовнішньою сферою для аніонних комплексів може бути Na^+ , а для катіонних – Cl^- . При цьому потрібно дотримуватись рівності за величиною, але протилежності за знаком зарядів внутрішньої та зовнішньої сфер, регулюючи кількість частинок у зовнішній сфері. Виходячи з перелічених умов складаємо формули координаційних сполук:

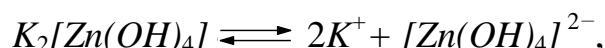
- 1) $Na_3[CrCl_6]$ – натрій гексахлорохромат (III);
- 2) $Na_2[CrCl_5NH_3]$ – натрій амінпентахлорохромат (III);
- 3) $Na[CrCl_4(NH_3)_2]$ – натрій діамінтетрахлорохромат (III);
- 4) $[CrCl_3(NH_3)_3]$ – триамінтрихлорохром (III);
- 5) $[CrCl_2(NH_3)_4]Cl$ – тетрааміндихлорохром (III) хлорид;
- 6) $[CrCl(NH_3)_5]Cl_2$ – пентаамінхлорохром (III) хлорид;
- 7) $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$ – гексаамінхром (III) хлорид.

Завдання 4.5. Скласти координаційну формулу комплексної сполуки, що містить частинки Zn^{2+} , OH^- , K^+ та назвати її. Записати рівняння первинної та вторинної дисоціації (сумарне рівняння), а також вираз константи нестійкості даної сполуки.

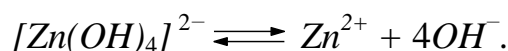
Спочатку необхідно визначити центральний йон або комплексоутворювач. Це може бути Zn^{2+} чи K^+ . Однак, зважаючи на те, що найчастіше у ролі комплексоутворювача виступають йони d -елементів, вважаємо, що комплексоутворювачем буде йон Zn^{2+} .

Координаційне число, як правило, вдвічі більше за ступінь його окиснення, тому для Zn^{2+} воно дорівнюватиме 4. Лігандами можуть бути електронейтральні молекули, що містять атоми з неподіленими електронними парами або негативно заряджені йони, до яких належать частинки OH^- . Таким чином, одержуємо формулу $K_2[Zn(OH)_4]$ – калій тетрагідроксоцинкат.

Первинна дисоціація цієї комплексної сполуки в розчині відбувається практично повністю згідно з рівнянням:



Сумарне рівняння вторинної дисоціації комплексного йона матиме вигляд:

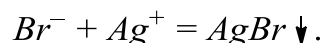
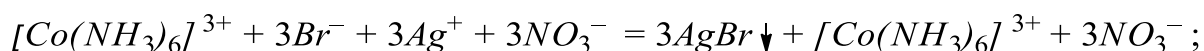
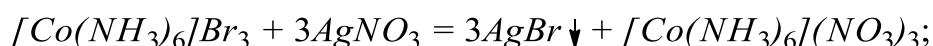


Вторинна дисоціація проходить дуже слабо, тому підлягає закону діючих мас і характеризується константою рівноваги, яку у випадку комплексного йона називають константою нестійкості:

$$K_n = \frac{[Zn^{2+}] \cdot [OH^-]^4}{[Zn(OH)_4]^{2-}}.$$

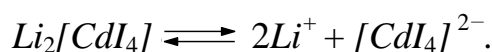
Завдання 4.6. Написати рівняння реакції обміну між комплексною сполукою $[Co(NH_3)_6]Br_3$ і розчином солі $AgNO_3$.

Реакція обміну проходить згідно з рівнянням у молекулярній та йонній формах:

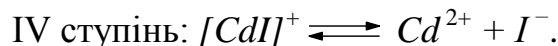
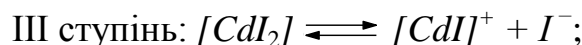
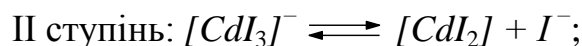
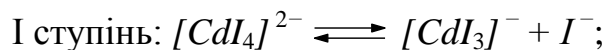


Завдання 4.7. Напишіть рівняння первинної та ступінчастої вторинної дисоціації комплексної сполуки $Li_2[CdI_4]$.

У водному розчині катіонні та аніонні комплексні сполуки виявляють властивості сильних електролітів і дисоціюють на йони внутрішньої і зовнішньої сфер (первинна дисоціація):

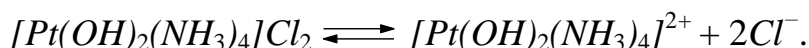


Внутрішня сфера комплексу здатна до часткової оборотної дисоціації, яка відбувається ступінчасто, на центральний йон та ліганди (вторинна дисоціація).

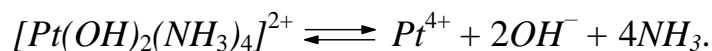


Завдання 4.8. Запишіть рівняння первинної та вторинної дисоціації (сумарне рівняння) і математичний вираз константи нестійкості для комплексної сполуки $[Pt(OH)_2(NH_3)_4]Cl_2$.

Рівняння первинної дисоціації:



Сумарне рівняння вторинної дисоціації:

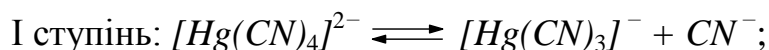


Математичний вираз константи нестійкості комплексного йона $[Pt(OH)_2(NH_3)_4]^{2+}$:

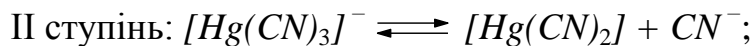
$$K_n = \frac{[Pt^{4+}] \cdot [OH^-]^2 \cdot [NH_3]^4}{[Pt(OH)_2(NH_3)_4]^{2+}}.$$

Завдання 4.9. Запишіть математичний вираз для ступінчастих та загальної констант дисоціації комплексного йона: $[Hg(CN)_4]^{2-}$.

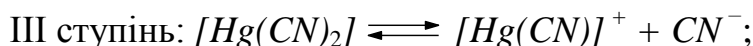
Вторинна дисоціація комплексного йона проходить ступінчасто, кожен ступінь дисоціації і сумарне рівняння є оборотним процесом і його можна охарактеризувати константою дисоціації, яку називають константою нестійкості. Складемо рівняння ступінчастої дисоціації комплексного йона запишемо математичний вираз констант дисоціації (нестійкості):



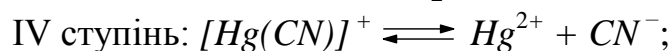
$$K_{n(1)} = \frac{[Hg(CN)_3^-] \cdot [CN^-]}{[Hg(CN)_4]^{2-}};$$



$$K_{n(2)} = \frac{[Hg(CN)_2] \cdot [CN^-]}{[Hg(CN)_3^-]};$$

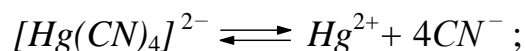


$$K_{n(3)} = \frac{[Hg(CN)^+] \cdot [CN^-]}{[Hg(CN)_2]};$$



$$K_{n(4)} = \frac{[Hg^{2+}] \cdot [CN^-]}{[Hg(CN)^+]};$$

Сумарне рівняння дисоціації комплексного йона та загальна константа його дисоціації буде мати вигляд:



$$K_n = \frac{[Hg^{2+}] \cdot [CN^-]^4}{[Hg(CN)_4^{2-}]}$$

Контрольні питання, вправи і задачі

- 4.10.** Які сполуки називають координаційними або комплексними?
- 4.11.** Сформулюйте основні положення координаційної теорії А. Вернера.
- 4.12.** З чого складається внутрішня сфера комплексної сполуки? Наведіть приклади.
- 4.13.** Дайте означення координаційного числа. Від яких факторів залежить його значення?
- 4.14.** Чи можна вважати, що координаційне число дорівнює кількості лігандів у внутрішній сфері комплексної сполуки? Відповідь обґрунтуйте, наведіть приклади.
- 4.15.** Що таке дентатність ліганду? Наведіть приклади моно-, бі- та тридентатних лігандів.
- 4.16.** Визначте заряд комплексного йона, заряд та координаційне число центрального йона (комплексоутворювача) в таких сполуках:
- а) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$;
 - б) $Na_3[Al(OH)_6]$;
 - в) $[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$;
 - г) $K_3[Fe(CN)_6]$.
- 4.17.** Напишіть формули таких комплексних сполук:
- а) калій гексаціаноферат (II);
 - б) діамінаргентум (I) нітрат;
 - в) тетраамінопаладій (II) хлорид;
 - г) трихлоротриамінкобальт;
 - д) натрій гексабромкобальтат (III);
 - е) аквадіамінхлоропаладій (II) хлорид;
 - ж) пентамінсульфатокобальт (III) нітрат;
 - и) натрій гексагідроксоалюмінат.
- 4.18.** Запишіть назви таких комплексних сполук:
- а) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$;
 - б) $Na_3[Al(OH)_6]$;
 - в) $[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$;
 - г) $K_2[Zn(OH)_4]$;
 - д) $[CuCl_2(H_2O)_2]$;
 - е) $Na_4[NiCl_6]$.

- 4.19.** Складіть формули комплексних сполук платини (IV) сумарного складу: $PtCl_4 \cdot 2NH_3$; $PtCl_4 \cdot 4NH_3$; $PtCl_4 \cdot 6NH_3$, враховуючи, що координаційне число платини (IV) дорівнює 6.
- 4.20.** Які комплексні сполуки називаються хелатними? Від чого залежить стійкість хелатних комплексів?
- 4.21.** З частинок Co^{3+} , H_2O , OH^- та K^+ складіть усі можливі формули координаційних сполук та назвіть ці сполуки. Координаційне число Co (III) дорівнює 6.
- 4.22.** Скласти координаційну формулу комплексної сполуки, що містить частинки Co^{3+} , NH_3 , Cl^- та назвати її. Записати рівняння первинної та вторинної дисоціації, а також вираз константи нестійкості цієї сполуки.
- 4.23.** Які речовини називаються ізомерами? Які види ізомерії характерні для комплексних сполук? Наведіть приклади ізомерів для кожного типу.
- 4.24.** Запишіть формули іонізаційних ізомерів для комплексів:
а) $[CoCl(NH_3)_5]SO_4$; **б)** $[NiCl(NH_3)_4]Br$.
- 4.25.** Запишіть рівняння первинної та вторинної дисоціації (сумарне рівняння) і математичний вираз константи нестійкості для таких комплексних сполук:

Варіант	Комплексні сполуки	
1	а) $Na_2[HgI_4]$	б) $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$
2	а) $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$	б) $K_4[Fe(CN)_6]$
3	а) $K_3[Co(NO_2)_6]$	б) $[Ag(NH_3)_2]Cl$
4	а) $Li_2[CdI_4]$	б) $[CoCl_2(NH_3)_4]$
5	а) $K[Ag(CN)_2]$	б) $K_3[Fe(CN)_6]$
6	а) $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$	б) $H_2[SnCl_6]$
7	а) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$	б) $H_2[PtCl_4]$
8	а) $K_2[PbI_4]$	б) $[Co(H_2O)_2(NH_3)_4]Cl_2$
9	а) $Na_3[Al(OH)_6]$	б) $[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$
10	а) $[Pt(NH_3)_4]SO_4$	б) $K_2[Zn(OH)_4]$

- 4.26.** Запишіть математичні вирази для ступінчастих та загальних констант дисоціації комплексних йонів:

Варіант	Комплексні йони	
1	а) $[FeCl_4]^-$	б) $[AlF_6]^{3-}$
2	а) $[Ag(NH_3)_2]^+$	б) $[Zn(OH)_4]^{2-}$
3	а) $[PbI_4]^{2-}$	б) $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$
4	а) $[Ag(CN)_2]^-$	б) $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$
5	а) $[Fe(CN)_6]^{3-}$	б) $[CrCl_4(H_2O)_2]^-$
6	а) $[SnBr_4]^{2-}$	б) $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$
7	а) $[CdCl_6]^{4-}$	б) $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$
8	а) $[PtCl_4]^{2-}$	б) $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$

4.27. Чи будуть ізомерами такі пари сполук:

- а) $K_3[Fe(CN)_6]$ і $K_4[Fe(CN)_6]$;
- б) $[CrCl(H_2O)_5]Cl_2 \cdot H_2O$ і $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$;
- в) $[CoSO_4(NH_3)_3]Br$ і $[CoBr(NH_3)_3]SO_4$;
- г) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ і $[Co(NH_3)_6]Cl_2$?

Які види ізомерії характеризують ці приклади?

4.28. Запишіть рівняння реакцій обміну за участі комплексних сполук:

- а) $[Cu(NH_3)_4]SO_4 + BaCl_2$;
- б) $K_3[Fe(CN)_6] + FeCl_2$;
- в) $K_4[Fe(CN)_6] + Fe_2(SO_4)_3$;
- г) $[Zn(NH_3)_4]Cl_2 + AgNO_3$.

4.29. Напишіть рівняння первинної та ступінчастої вторинної дисоціації таких комплексних сполук:

- а) $[Cd(NH_3)_4]Cl_2$;
- б) $K_3[Co(NO_2)_6]$.

4.30. При доливанні до розчину плюмбум (II) нітрату надлишку розчину калій йодиду спочатку випадає жовтий осад, який потім розчиняється. Запишіть рівняння реакцій, які при цьому відбуваються та назву комплексної сполуки, що утворюється.

4.31. В чому полягає метод валентних зв'язків, який застосовують для пояснення природи хімічного зв'язку в комплексних сполуках?

4.32. На основі методу валентних зв'язків поясніть утворення комплексних іонів:

- 1) $[Zn(H_2O)_4]^{2+}$;
- 2) $[NiCl_6]^{4-}$;
- 3) $[PbI_4]^{2-}$;
- 4) $[Ag(NH_3)_2]^+$.

4.33. Не проводячи обчислень, вкажіть, в якому з розчинів з молярною концентрацією 1 моль/л концентрація Cd^{2+} -іонів буде найбільшою і поясніть чому:

- а) $CdSO_4$;
- б) $K_2[Cd(CN)_4]$, $K_n = 7,6 \cdot 10^{-18}$;
- в) $[Cd(NH_3)_4]Cl_2$, $K_n = 2,7 \cdot 10^{-7}$.

4.34. Яку роль виконують комплексні сполуки у живій природі? Наведіть приклади застосування комплексних сполук на практиці.

ЛІТЕРАТУРА

ОСНОВНА

1. Загальна хімія : [підручник] / В. В. Григор'єва, В. М. Самійленко, А. М. Сич, О. А. Голуб ; під ред. О. А. Голуба. – К. : Вища школа, 2009. – 471 с.
2. Кириченко В. І. Загальна хімія : [навчальний посібник] / Кириченко В. І. – К. : Вища школа, 2005. – 639 с.
3. Хімія. Теорія та практикум. Частина 2 : [навчальний посібник] / А. П. Ранський, М. В. Євсєєва, О. А. Гордієнко, Н. С. Звездецька. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 98 с.

ДОДАТКОВА

1. Корчинський Г. А. Хімія : [підручник] / Корчинський Г. А. – Вінниця : Поділля, 2002. – 525 с.
2. Михалічко Б. М. Курс загальної хімії. Теоретичні основи : навчальний посібник / Михалічко Б. М. – К. : Знання, 2009. – 548 с.
3. Неділько С. А. Загальна й неорганічна хімія : задачі та вправи : навчальний посібник / С. А. Неділько, П. П. Попель. – К. : Либідь, 2001. – 400 с.
4. Основи загальної хімії : [підручник] / В. С. Телегус, О. І. Бодак, О. С. Заречнюк, В. В. Кінжибало / під ред. В. С. Телегуса. – Львів : Світ, 2000. – 424 с.

Додаток А

Періодична система елементів Д. І. Менделєєва

Період	Г		Р		У		П		И		VIII		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX			
1	H 1,0079 Гідроген водень									He 4,0026 Гелій			
2	Li 6,941 Літій	Be 9,012 Берилій	B 10,81 Бор	C 12,011 Карбон вуглець	N 14,007 Нітроген азот	O 15,999 Оксиген кисень	F 18,998 Флуор фтор	Ne 20,179 Неон					
3	Na 22,990 Натрій	Mg 24,305 Магній	Al 26,981 Алюміній	Si 28,086 Силіцій	P 30,973 Фосфор	S 32,06 Сульфур	Cl 35,453 Хлор	Ar 39,948 Аргон					
4	K 39,098 Калій	Ca 40,08 Кальцій	Sc 44,956 Скандій	Ti 47,90 Титан	V 50,941 Ванадій	Cr 51,996 Хром	Mn 54,938 Манган						
5	Zn 65,39 Цинк	Ga 69,72 Галій	Ge 72,59 Германій	As 74,921 Арсен	Se 78,96 Селен	Br 79,904 Бром	Kr 83,80 Криптон						
6	Rb 85,468 Рубідій	Sr 87,62 Стронцій	Y 88,906 Ітрій	Zr 91,22 Цирконій	Nb 92,906 Ніобій	Mo 95,94 Молибден	Tc [99] Технецій						
7	Ag 107,87 Срібло	Cd 112,41 Кадмій	In 114,82 Індій	Sn 118,71 Станум	Sb 121,75 Стибій	Te 127,60 Телур	I 126,904 Йод	Xe 131,30 Ксенон					
8	Cs 132,91 Цезій	Ba 137,33 Барій	*La 138,905 Лантан	Hf 178,49 Гафній	Ta 180,948 Тантал	W 183,85 Вольфрам	Re 186,207 Реній						
9	Au 196,97 Аурум золото	Hg 200,59 Меркурій	Pb 204,37 Свинець	Bismuth 207,2 Бісмут	Po [209] Полоній	At [210] Астат	Rn [222] Радон						
10	Fr 223 Францій	Ra 226,025 Радій	**Ac [227] Актиній	Rf [261] Резерфордій	Db [262] Дубній	Sg [263] Сиборгій	Bh [262] Борій						
Випи- оди	R₂O	RO	R₂O₃	RO₂	R₂O₅	RO₃	R₂O₇	RO₄					
Літій- водні сполуки				RH₄	RH₃	H₂R	HR						
* Лант- ноїди	Ce 140,12 Церій	Pr 140,906 Празеодим	Nd 144,24 Неодим	Sm 150,4 Самарій	Eu 151,96 Європій	Gd 157,25 Гадоліній	Tb 158,925 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	Ho 164,93 Гольмій	Er 167,26 Ербій	Tm 168,93 Тулій	Yb 173,04 Ітербій	Lu 174,97 Лютецій
** Акти- ноїди	Th 232,038 Торій	Pa [231] Протактіній	U 238,029 Уран	Pu [244] Плутоній	Am [243] Америцій	Cm [247] Кюрій	Bk [247] Берклій	Cf [251] Каліфорній	Es [252] Ейнштейній	Fm [257] Фермій	Md [258] Менделєвій	No [259] Нобелій	Lr [260] Лоренцій

Додаток Б

Приклади електролітів різної сили у водних розчинах

Таблиця Б.1 – Приклади електролітів різної сили у водних розчинах

сильні	<p style="text-align: center;"><i>дисоціюють на йони повністю:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • кислоти – H_2SO_4, HNO_3, HCl, HI, HBr, $HClO_4$ та інші; • луги – гідроксиди лужних і лужно-земельних металів: KOH, $NaOH$, $LiOH$, $RbOH$, $Ba(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$; • солі, розчинні у воді
слабкі	<p style="text-align: center;"><i>дисоціюють на йони частково:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • кислоти – H_2SO_3, H_3PO_4, H_2CO_3, HF, HCN, HNO_2, $HClO$, $HClO_2$, H_2SiO_3, H_2S, HPO_3, H_2CrO_4 та інші; • основи, нерозчинні у воді, а також NH_4OH; • майже всі органічні кислоти – $HCOOH$, CH_3COOH, $H_2C_2O_4$ та інші; • вода

Додаток В

Розчинність основ, кислот і солей у воді

Таблиця В.1 – Розчинність основ, кислот і солей у воді

Катіони	Аніони											
	OH^-	F^-	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}	SO_3^{2-}	SO_4^{2-}	NO_3^-	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	SiO_3^{2-}
H^+	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	н
NH_4^+	р	р	р	р	р	—	р	р	р	р	р	—
Na^+ , K^+	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Mg^{2+}	н	м	р	р	р	—	н	р	р	н	н	н
Ca^{2+}	м	н	р	р	р	—	н	м	р	н	н	н
Ba^{2+}	р	м	р	р	р	р	н	н	р	н	н	н
Al^{3+}	н	м	р	р	р	—	—	р	р	н	—	н
Cr^{3+}	н	м	р	р	н	н	—	р	р	н	—	н
Zn^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Mn^{2+}	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Co^{2+} , Ni^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Fe^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Fe^{3+}	н	м	р	р	—	—	—	р	р	н	—	н
Cd^{2+}	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Hg^{2+}	—	р	р	м	н	н	н	р	р	н	—	—
Cu^{2+}	н	р	р	р	—	н	н	р	р	н	н	н
Ag^+	—	р	н	н	н	н	н	м	р	н	н	н
Sn^{2+}	н	р	р	р	м	н	—	р	—	н	—	—
Pb^{2+}	н	н	м	м	н	н	н	н	р	н	н	н

р – розчинна, м – малорозчинна, н – практично нерозчинна речовина,
— речовина не існує або розкладається водою

Додаток Г

Константи дисоціації кислот та основ у водних розчинах

Таблиця Г.1 – Константи дисоціації деяких кислот та основ у водних розчинах за температури 25 °C

Назва	Формула	K
Дифосфатна	$H_4P_2O_7$	$K_1 = 1,2 \cdot 10^{-1}$ $K_2 = 7,9 \cdot 10^{-3}$ $K_3 = 2,0 \cdot 10^{-7}$ $K_4 = 4,8 \cdot 10^{-10}$
Карбонатна	H_2CO_3	$K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$
Мурашина	$HCOOH$	$K = 1,8 \cdot 10^{-4}$
Нітритна	HNO_2	$K = 5,1 \cdot 10^{-4}$
Ортофосфатна	H_3PO_4	$K_1 = 7,1 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-3}$ $K_3 = 5,0 \cdot 10^{-13}$
Оцтова	CH_3COOH	$K = 1,74 \cdot 10^{-5}$
Сульфідна	H_2S	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 2,5 \cdot 10^{-13}$
Сульфитна	H_2SO_3	$K_1 = 1,4 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$
Хроматна	H_2CrO_4	$K_1 = 1,6 \cdot 10^{-1}$ $K_2 = 3,2 \cdot 10^{-7}$
Ціанідна	HCN	$K = 5,0 \cdot 10^{-10}$
Щавлева	$H_2C_2O_4$	$K_1 = 5,6 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 5,4 \cdot 10^{-5}$
Амоній гідроксид	NH_4OH	$K = 1,76 \cdot 10^{-5}$

Навчальне видання

Методичні вказівки
для самостійної роботи студентів з хімії
Частина 2

Укладачі: Ольга Анатоліївна Гордієнко
Марія Василівна Євсєєва
Анатолій Петрович Ранський

Рукопис оформлено О. Гордієнко

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет виготовлено Т. Старічек

Підписано до друку 01.02.2018 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 2,95.
Наклад 40 (1–20) пр. Зам. № 2018-035.

Видавець та виготовлювач
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.