



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ЗБІРНИК**

індивідуальних завдань з курсу «Хімія»  
для студентів усіх спеціальностей  
денної форми навчання

M 1488

Сумський державний  
університет  
**БІБЛІОТЕКА**

Суми  
Вид-во СумДУ  
2007

Збірник індивідуальних завдань з курсу «Хімія»  
Лекладачі: Л.І.Марченко, Л.С. Манжос. – Суми: Вид-во  
СумДУ, 2007. –117 с.

Кафедра загальної хімії

# І ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ

## 1.1 ГАЗОВІ ЗАКОНИ

1. Які закони вважаються основними законами хімії? Сформулюйте їх і наведіть відповідні приклади.
2. На які сполуки поширюються такі стехіометричні закони: сталості складу речовини, еквівалентів і кратних співвідношень? Для яких сполук ці закони не є справедливими і чому? Відповідь проілюструйте відповідними прикладами.
3. Чи є еквівалент і еквівалентна маса будь-якого елемента сталими величинами? Від чого вони залежать?
4. Нітроген з Оксигеном утворює п'ять оксидів:  $N_2O_5$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_3$ ,  $NO$ ,  $N_2O$ . На прикладі цих сполук розберіть закон кратних співвідношень. Еквівалент якого елемента в наведених оксидах є сталою величиною?
5. За якими правилами можна визначити еквівалентну масу кислоти, основи, солі? Наведіть приклади сполук зазначених класів, у яких еквівалентні маси є сталими величинами, і таких, що можуть змінювати їх.
6. Обчисліть масу  $1\text{ м}^3$  повітря при  $17^\circ\text{C}$  і  $83,5\text{ кПа}$ , а також його відносну густину: а) за воднем; б) за гелієм; в) за киснем.
7. Скільки молекул  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$  міститься: а) в 1 літрі(н.у); б) в 1 молі; в) в 1 грамі кожного з цих газів? Якими є їх відносні густини за воднем?
8. Виходячи із розрахунків, встановіть, де і чому міститься найбільша кількість атомів Сульфуру: а) 0,5 моль  $FeS_2$ ; б) 34г  $H_2S$ ; в)  $9 \cdot 10^{23}$  молекул  $H_2SO_4$ ?
9. Відносна густина за воднем суміші, що складається із азоту і кисню, дорівнює 15. Розрахуйте об'ємні частки, %, кожного газу в суміші.
10. Який об'єм при  $27^\circ\text{C}$  і 742 мм рт.ст. займають  $3,01 \cdot 10^{21}$  молекул деякого газу? Чому дорівнює відносна молекулярна

маса цього газу, якщо відомо, що  $3,01 \cdot 10^{21}$  молекул мають масу 0,22г?

11. Чи однакова кількість речовини і кількість молекул міститься в  $1\text{м}^3 \text{O}_2$  і  $\text{O}_3$ ? Яку масу мають  $1\text{м}^3$  кисню та озону? Відповідь підтвердіть розрахунками.

12. Скільки молів і скільки молекул міститься в 22,4л  $\text{H}_2\text{O}$  за н.у.? Яку масу має цей об'єм  $\text{H}_2\text{O}$  за н.у.?

13. Яку масу має 11,2л сірководню за н.у.? Які кількості атомів і молекул містяться в цьому об'ємі? Чому дорівнює відносна густина  $\text{H}_2\text{S}$ : а) за воднем; б) за повітрям?

14. Чи однакова кількість всіх атомів міститься у: а) 1кг  $\text{CH}_4$  і 1кг  $\text{NH}_3$ ; б) 1л  $\text{CH}_4$  і 1л  $\text{NH}_3$ ; в) 1моль  $\text{CH}_4$  і 1моль  $\text{NH}_3$ ? Відповідь дайте на основі розрахунків, посилаючись на певні закони.

15. Який об'єм за н.у. займає  $\text{CO}_2$  масою 4,4 г? Скільки молів і скільки молекул міститься у цій масі газу? Обчисліть молярну масу  $\text{CO}_2$ , не звергаючись до Періодичної таблиці елементів Д.І.Менделєєва.

16. Відносна густина за воднем діоксиду деякого елемента  $\text{EO}_2$  дорівнює 32. Який це елемент? Обчисліть, який об'єм буде займати 16г цього газу: а) за н.у.; б) при  $127^\circ\text{C}$  і 1520 мм рт.ст.

17. Який об'єм займають  $2,4 \cdot 10^{21}$  молекул  $\text{H}_2\text{O}$ : а) за н.у.; б) при 373,15К і 101325Па? Якою є маса цієї кількості молекул  $\text{H}_2\text{O}$ ?

18. Розрахуйте для амоніаку  $\text{NH}_3$ : а) об'єм 3,4г за н.у.; б) кількість молекул, молів і атомів у цьому об'ємі; в) відносну густина за воднем і за повітрям; г) об'єм повітря, необхідний для повного спалювання заданої кількості амоніаку.

19. Порівняйте кількість молекул і загальну кількість атомів всіх елементів, що містяться у: а) 1г  $\text{N}_2$  і 1г  $\text{CO}$ ; б) 1л  $\text{N}_2$  і 1л  $\text{CO}$  за н.у. Розрахуйте масу однієї молекули кожного газу, а також їх відносну густина за киснем.

20. Взято однакові маси  $O_2$ ,  $H_2$  і  $CH_4$  за однакових умов. Знайдіть для них співвідношення: а) об'ємів; б) кількостей молекул, а також обчисліть відносну густину кожного газу за гелієм.

21. Якими є співвідношення мас, об'ємів і кількостей атомів для 1моля  $O_2$  і 1моля  $O_3$ ? Розрахуйте густини цих газів за н.у. та їх відносні густини за воднем.

22. Повітря має такий об'ємний склад:  $N_2$  – 78,09%;  $O_2$  – 20,95%;  $Ar$  – 0,93%;  $CO_2$  – 0,03%. Визначте відсотковий склад газів ( $\omega, \%$ ) у повітрі за масою.

23. Густина деякого газу за н.у. дорівнює 1,43г/л. Обчисліть: а) молярну масу цього газу; б) відносну густину за воднем і за повітрям; в) об'єм, який займають 16 г цього газу за н.у.

24. Густина за воднем двоатомного гомоядерного газу дорівнює 14. Обчисліть: а) густину газу за н.у.; б) молярну масу; в) маси однієї молекули і одного атома.

25. Який зразок містить найбільшу кількість атомів хлору: а) 55,5г  $CaCl_2$ ; б)  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул хлору; в) 40л  $Cl_2$  (н.у.)?

26. Розрахуйте об'єм за н.у. газової суміші, яка містить 1,4г  $H_2$  і 5,6г  $N_2$ .

27. Відносна густина за воднем газової суміші, що складається із азоту і кисню, дорівнює 15,5. Обчисліть масову частку кожного газу в суміші.

28. Якою є відносна густина за воднем газової суміші, що містить 56л аргону і 28л азоту за н.у.?

29. Вуглекислий газ займає об'єм 22,4л при  $27^\circ C$  і 166,2кПа. Розрахуйте: а) кількість речовини; б) масу газу; в) масу однієї молекули; г) кількість молекул.

30. Деякий газ при  $37^\circ C$  і 180кПа знаходиться у посудині ємністю 190,4л. Чому дорівнює: а) кількість речовини; б) кількість молекул; в) молярна маса; г) маса цього об'єму газу?

## 1.2 ЕКВІВАЛЕНТ, ЗАКОН ЕКВІВАЛЕНТІВ

1. Внаслідок взаємодії 0,5г оксиду деякого металу утворюється 1,5г сульфату цього металу. Обчисліть еквівалент і еквівалентну масу металу.

2. Чому дорівнюють еквівалент і еквівалентна маса металу, якщо із 7 г його гідроксиду утворюється 20,75 г йодиду?

3. На основі розрахунків еквівалентної маси встановіть двовалентний метал, 2 г якого витісняють із кислоти 1,12л водню (н.у.).

4. На нейтралізацію 2,45 г деякої кислоти витрачено 2 г натрій гідроксиду. Визначте еквівалентну масу кислоти.

5. Внаслідок повного спалювання 5,4 г тривалентного металу утворилося 10,2 г його оксиду. Виходячи із розрахунків еквівалентної маси, назвіть метал.

6. Для повного розчинення 5,4 г металу витрачено 29,4 г сірчаної кислоти. Обчисліть еквівалент металу і об'єм водню, що виділився.

7. Чому дорівнює еквівалентна маса металу, якщо із 1,3 г його гідроксиду утворюється 2,85 г його сульфату?

8. При розчиненні 1,35 г оксиду деякого металу одержано 3,15г його сульфату. Розрахуйте еквівалентну масу металу.

9. На нейтралізацію 0,943 г фосфористої кислоти  $H_3PO_3$  витрачено 1,291 г калій гідроксиду. Обчисліть еквівалентну масу кислоти та її основність.

10. Якими є еквівалентні маси одновалентного металу і його оксиду, якщо відомо, що 2,48г оксиду містить 1,84г металу?

11. Оксиди деякого металу містять 22,53% і 50,45% Оксигену, причому в першому оксиді валентність металу дорівнює 2, а в другому – 7. На основі розрахунків еквівалентних мас металу в оксидах назвіть метал.



12. При згорянні сірки у кисні утворилося 12,8г  $\text{SO}_2$ . Яку кількість еквівалентів  $\text{O}_2$  витрачено на цю реакцію? Чому дорівнюють еквівалентні маси сірки та її оксиду?

13. Однакові маси одного металу здатні сполучатися з 1,591г галогену і з 70,2мл кисню (н.у.). Обчисліть еквівалентну масу галогену.

14. Внаслідок взаємодії 3,46г тривалентного металу з надлишком кислоти утворилося 2,48л водню, виміряних при  $25^\circ\text{C}$  і 749 мм рт.ст. Розрахуйте еквівалентну і атомну маси металу.

15. Речовина складається із As і S, причому масова частка в ній Сульфуру дорівнює 39%, а еквівалентна маса – 16г/моль. Обчисліть еквівалентну масу і валентність Арсену, а також еквівалентну масу всієї речовини.

16. При відновлюванні воднем 10,17г оксиду двовалентного металу утворилося 2,25 г води. Чому дорівнюють еквівалентні маси металу і оксиду? Назвіть цей метал.

17. На нейтралізацію 0,797 г фосфорної кислоти витрачено 0,998г натрій гідроксиду. Обчисліть еквівалентну масу і основність кислоти в цій реакції.

18. Із 2,7 г оксиду деякого металу можна добути 6,3 г його нітрату. Обчисліть еквівалентні маси металу, оксиду і нітрату.

19. На основі розрахунків еквівалентної та атомної мас назвіть тривалентний метал, якщо відомо, що 0,376 г цього металу витісняє із кислоти 0,468 л водню (н.у.).

20. При взаємодії 5,95 г деякої речовини з 2,75 г хлороводню одержано 4,40 г солі. Обчисліть еквівалентні маси вихідної речовини і солі, що утворилася.

21. Кальцій масою 1,60 г і деякий двовалентний метал масою 2,16 г здатні витіснити із соляної кислоти однакову кількість водню. Розрахуйте еквівалентну масу металу і назвіть його.

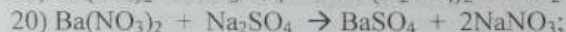
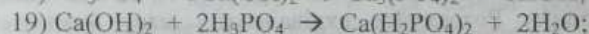
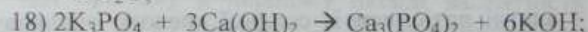
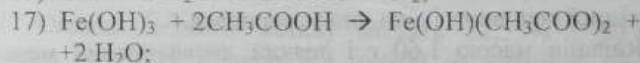
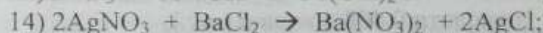
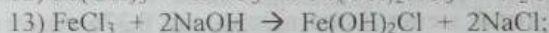
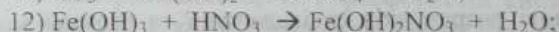
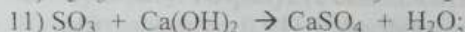
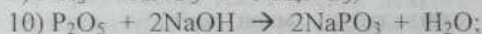
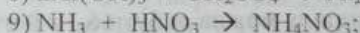
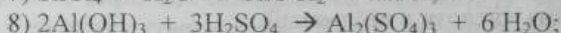
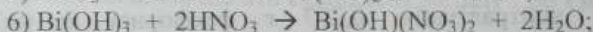
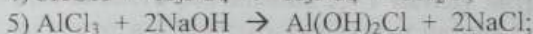
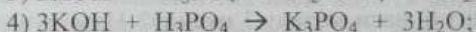
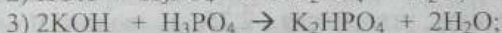
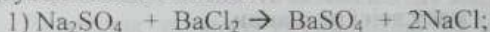
22. Чому дорівнюють еквіваленти, еквівалентні маси і еквівалентні об'єми (н.у.) таких газів:  $O_2$ ,  $H_2$  і  $NH_3$ ?

23. Арсен утворює два оксиди, в одному з яких міститься 65,2% As, а в іншому – 75,7%. Визначте еквіваленти і еквівалентні маси Арсену в його оксидах.

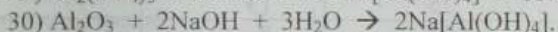
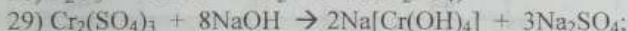
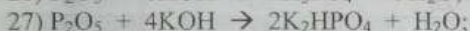
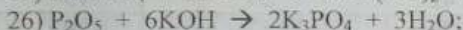
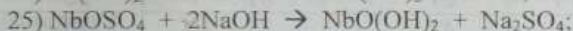
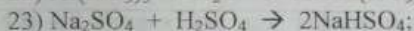
24. На відновлювання металу із 1,80г його оксиду витрачено 0,883л водню (н.у.). Обчисліть еквівалентні маси оксиду та металу.

25. Розрахуйте еквівалентну і атомну маси металу, на окиснення 8,34г якого витрачається 0,68л кисню (н.у.).

26. Визначте, чому дорівнюють еквіваленти та еквівалентні маси вихідних речовин у реакціях, що відбуваються за схемами:







## II БУДОВА АТОМІВ, ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН

1. Складіть електронні формули елементів із зарядами ядра А, В, С, наведеними у таблиці. До яких типів електронних сімейств (s, p, d, f) вони належать? Чому? Виходячи із електронної конфігурації атомів, зазначте номер періоду, групу і підгрупу в Періодичній таблиці Д.І.Менделєєва, в яких розміщується кожний елемент. Відповідь поясніть.

| А  | В  | С   | А  | В  | С   |
|----|----|-----|----|----|-----|
| 13 | 41 | 69  | 5  | 44 | 64  |
| 17 | 42 | 98  | 19 | 84 | 26  |
| 11 | 24 | 60  | 30 | 7  | 103 |
| 8  | 27 | 87  | 12 | 29 | 95  |
| 9  | 45 | 110 | 15 | 82 | 25  |
| 20 | 50 | 70  | 38 | 52 | 57  |
| 14 | 43 | 101 | 6  | 46 | 92  |

2. Напишіть електронні формули атомів елементів з порядковими номерами А і В. Чому дорівнює максимальний

спін р-електронів у атомів елемента А і d-електронів у атомів елемента В?

| А  | В  | А  | В   |
|----|----|----|-----|
| 14 | 27 | 81 | 26  |
| 32 | 42 | 35 | 75  |
| 50 | 28 | 53 | 30  |
| 17 | 45 | 51 | 22  |
| 15 | 44 | 16 | 46  |
| 33 | 25 | 13 | 77  |
| 7  | 24 | 8  | 73  |
| 9  | 23 | 83 | 105 |

3. Наведіть електронні та електронно-графічні формули атомів Сульфуру S, йонів  $S^{2-}$  і  $S^{2+}$ . До якого електронного сімейства та чому належить Сульфур?

4. За допомогою електронно-графічних формул покажіть, скільки неспарених електронів містять атоми елементів Si, Mg, Fe, Ti в основному і збудженому станах. Зазначте електронне сімейство кожного елемента.

5. Охарактеризуйте квантовими числами f-електрони атомів в основному стані для таких елементів: а) Європій; б) Церій; в) Тербій; г) Гольмій; д) Америцій; е) Уран.

6. Охарактеризуйте квантовими числами d-електрони передзовнішнього рівня для атомів таких елементів в основному стані: а) Цинк; б) Технецій; в) Хром; г) Ферум; д) Рутеній; е) Іридій; ж) Платина; з) Реній.

7. Охарактеризуйте квантовими числами валентні електрони атомів в основному стані для таких елементів: а) Оксиген; б) Фтор; в) Натрій; г) Магній; д) Карбон; е) Нітроген.

8. Використовуючи правило Гунда, складіть електронно-графічні формули атома елемента Хрому та йона  $Cr^{3+}$ . Охарактеризуйте квантовими числами їх d-електрони.

9. Яких значень набуває орбітальне квантове число  $l$  для таких енергетичних станів електрона:  $3p$ ,  $3d$ ,  $4s$ ,  $2p$ ,  $2s$ ,  $5d$ ,  $5f$ ,  $4p$ ,  $4d$ ,  $4f$ ? Розрахуйте для зазначених станів суми  $n+l$  і розмістіть їх у порядку зростання згідно із правилами Клечковського.

10. Знайдіть у періодичній системі елементи, атоми яких мають електронну формулу  $(n-1)d^3ns^2$ , і напишіть їх хімічні символи.

11. Якими значеннями квантових чисел  $l$  і  $m$  описується  $3p$ -стан електрона?

12. Зобразіть форми електронних хмар для таких станів: а)  $3d_{z^2}$  і  $3s$ ; б)  $3d_{yz}$  і  $4p_x$ ; в)  $2p_y$  і  $3d_{xy}$ ; г)  $3p_z$  і  $3d_{zx}$ ; д)  $2s$  і  $3d_{x^2-y^2}$ .

13. Скільки електронів в основному стані для атома елемента Стронцію мають значення орбітального квантового числа  $l=0$ ?

14. Знайдіть у Періодичній системі Д.І.Менделєєва елементи, електронна формула яких має вигляд  $np^2$ . Напишіть їх хімічні символи.

15. Яку форму має орбіталь з таким набором квантових чисел: а)  $n=3$ ,  $l=0$ ,  $m=0$ ; б)  $n=3$ ,  $l=2$ ,  $m=-2, -1, 0, +1, +2$ ; в)  $n=3$ ,  $l=1$ ,  $m=-1, 0, +1$ ?

16. Охарактеризуйте квантовими числами всі орбіталі таких енергетичних підрівнів:  $1s$ ,  $2p$ ,  $3d$ ,  $5f$ .

17. Складіть електронні формули елементів з порядковими номерами 110 та 113 і вкажіть їх положення (період, група, підгрупа) у Періодичній системі Д.І.Менделєєва.

18. Поясніть, чому існують йони  $H^+$ ,  $Cl^-$ ,  $N^-$ , але поряд з тим не можуть існувати йони  $He^+$ ,  $Ne^-$ ,  $Ca^-$ .

19. Сьогодні вже не кажуть про обертання електрона ні навколо ядра, ні навколо власної осі, а розглядають найбільшу імовірність перебування електрона на тій чи іншій відстані від ядра. Тим не менше поняття спіну і спінового квантового числа існує. Іноді вважають, що різним знакам

спінового квантового числа відповідають різні напрямки обертання електрона (за і проти годинникової стрілки). Запропонуйте моделі електрона чи будь-які інші аналогії для пояснення природи спінового квантового числа.

20. Які аргументи можна навести на користь того, що кількість електронів на одній орбіталі не перевищує 2?

21. Уявіть собі, що принцип Паулі не є справедливим. Чи зміниться від цього форма періодичної системи елементів?

22. Побудуйте періодичну систему елементів, виходячи із гіпотетичного припущення, що у атомів елементів на кожній орбіталі може знаходитися тільки один електрон; три електрони.

23. Базуючись на скороченій електронній формулі нейтрального атома, визначте порядковий номер елемента:

- а)  $[\text{Ar}]3d^6 4s^2$ ,  $[\text{Ne}]3s^2 3p^4$ ; б)  $[\text{Ne}]3s^2 3p^1$ ,  $[\text{He}]2s^2 2p^5$ ;  
 в)  $[\text{Ar}]3d^5 4s^2$ ,  $[\text{Ar}]3d^8 4s^2$ ; г)  $[\text{He}]2s^2 2p^3$ ,  $[\text{Ne}]3s^2 3p^5$ ;  
 д)  $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^3$ ,  $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1$ ; е)  $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2$ ,  $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^4$ .

24. Нейтральним атомам яких елементів відповідають такі електронні формули:

- а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ;  
 б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$ ;  
 в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ,  $1s^2 2s^2 2p^5$ ;  
 г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ ?

Вкажіть електрони, які необхідно вилучити із атомів кожного набору, щоб одержати позитивно заряджені йони:

- а)  $E^{3+}$ , б)  $E^{2+}$ , в)  $E^{4+}$ , г)  $E^{6+}$ . Напишіть електронні формули таких йонів.

25. За н.у. тільки 11 хімічних елементів у вигляді простих речовин є газами і тільки 2 – рідинами. Зазначте символи і назви цих елементів. Чи правильним є твердження, що за н.у. існує всього 11 газоподібних простих речовин?

26. У якого елемента сильніші металічні властивості та чому: а) Літій чи Калій; б) Калій чи Кальцій; в) Калій чи Купрум?



27. Який елемент п'ятого періоду є найтипівішим металом, а який – неметалом? Чому? Відповідь обґрунтуйте за допомогою будови атомів.

28. Які сполуки із Гідрогеном утворюються елементами головної підгрупи шостої групи? Яка з цих сполук є найбільш стійкою? Чому?

29. Чому в елемента четвертого періоду сьомої групи Мангану переважають металічні властивості, а розміщений у тому самому періоді та тій самій групі Бром є типовим неметалом?

30. На прикладі елементів головної підгрупи V групи покажіть, як змінюється стійкість їх вищих оксидів у міру зростання порядкового номера елемента.

31. На який елемент за своїми властивостями більш схожий: а) Технецій – на Манган чи Йод; б) Германій – на Силіцій чи Титан? Відповідь обґрунтуйте.

32. Виходячи із положення елемента у періодичній системі, визначте, у якого гідроксиду та чому сильніше виявляються основні властивості: а)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  чи  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  чи  $\text{KOH}$ ; в)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  чи  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ; г)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  чи  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ?

33. Який із гідроксидів є сильнішою основою: а)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  чи  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; б)  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  чи  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ ; в)  $\text{TiOH}$  чи  $\text{Ti}(\text{OH})_3$ ; г)  $\text{CuOH}$  чи  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ? Чому?

34. Вищий оксид елемента має склад  $\text{E}_2\text{O}_7$ . На зовнішньому електронному шарі атома цього елемента містяться два електрони. Чи може він утворювати газоподібну сполуку із Гідрогеном?

35. Наведіть приклади йонів елементів III і IV періодів, що мають таку саму електронну конфігурацію, як у атома Аргону.



36. Якою може бути загальна формула кислоти, що відповідає вищому оксиду елементів V групи; VI групи; VII групи?

37. Як та чому змінюються кислотно-основні та окисно-відновні властивості вищих оксидів і гідроксидів із зростанням порядкового номера елемента у межах:

а) періоду; б) підгрупи?

### III ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

1. Використовуючи метод валентних зв'язків (ВЗ), поясніть лінійну будову молекули  $\text{BeF}_2$ .

2. Як метод ВЗ пояснює лінійну будову молекули  $\text{CO}_2$  і тетраедричну форму молекули  $\text{SiO}_2$ ?

3. За допомогою методу ВЗ поясніть будову молекули води. Чому валентний кут у молекулі  $\text{H}_2\text{O}$  дещо відрізняється від тетраедричного?

4. З позицій методу ВЗ поясніть, чому в молекулах  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  валентні кути є близькими між собою за розмірами. Як впливає наявність неподілених електронних пар центрального атома на величину валентного кута?

5. Як за допомогою методу валентних зв'язків ВЗ пояснити симетричну трикутну форму молекули  $\text{BF}_3$ ?

6. У молекулах  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  валентні орбіталі центральних атомів С, N, O перебувають у стані  $sp^3$ -гібридації, однак валентні кути дорівнюють: в  $\text{CH}_4$  –  $109,5^\circ$ , в  $\text{NH}_3$  –  $107^\circ$ , в  $\text{H}_2\text{O}$  –  $104,5^\circ$ . Чим це можна пояснити?

7. В атомах елементів Берилію та Бору  $2p$ -орбіталі орієнтовані вздовж осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , а кут між ними дорівнює  $90^\circ$ . Чому валентні кути у молекулах  $\text{BeF}_2$  і  $\text{BF}_3$  дорівнюють не  $90^\circ$ , а  $180^\circ$  і  $120^\circ$  відповідно?

8. У чому полягає фізична причина існування полярних і неполярних зв'язків? Чи є справедливим таке твердження:

якщо в молекулі зв'язки полярні, то і молекула теж є полярною? Відповідь проілюструйте на прикладі таких молекул:  $\text{BeF}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ .

9. Ступені окиснення Гідрогену і Галогену в молекулах  $\text{HG}$  (де  $\text{G} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) дорівнюють відповідно  $+1$  і  $-1$ . Якими є за знаками та як змінюються ефективні заряди на атомах Гідрогену і Галогену в ряду галогеноводнів? Як змінюються ступені ковалентності та йонності зв'язків  $\text{H-G}$ ?

10. З якої причини йонний зв'язок вважають граничним випадком ковалентного зв'язку? Чи повністю відповідає утворення хімічного зв'язку в кристалах  $\text{CsF}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ ,  $\text{Cs}_3\text{N}$  електростатичній моделі йонного зв'язку?

11. На основі положення елементів у періодичній системі розмістіть у порядку зростання ступеня йонності зв'язку елемент-Хлор такі речовини: а)  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{CCl}_4$ ; б)  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{SbCl}_5$ ; в)  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{BeCl}_2$ .

12. Розмістіть речовини у порядку зростання полярності зв'язку: а)  $\text{BeF}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{BF}_3$ ; б)  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ ; в)  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SbH}_3$ ; г)  $\text{MgBr}_2$ ,  $\text{SiBr}_2$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{AlBr}_3$ ; д)  $\text{NaI}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaBr}$ ; е)  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Відповіді аргументуйте.

13. Згідно із методом молекулярних орбіталей (МО) складіть енергетичні діаграми утворення зв'язків у молекулах  $\text{Li}_2$ ,  $\text{N}_2$  і  $\text{F}_2$ . Порівняйте відносну міцність цих зв'язків.

14. Чому внаслідок відривання одного електрона від молекули  $\text{F}_2$  посилюється зв'язок між атомами, а від  $\text{N}_2$  – послаблюється?

15. Поясніть, чому внаслідок відривання одного електрона від молекули  $\text{F}_2$  зв'язок зміцнюється значно сильніше, ніж при відриванні електрона від молекули  $\text{O}_2$ , незважаючи на те, що молекула  $\text{O}_2$  втрачає один із двох розпушувальних електронів, а молекула  $\text{F}_2$  – один із чотирьох.

16. Якими є причини надзвичайно великої енергії хімічного зв'язку в молекулі  $\text{N}_2$ ? Яким чином можна послабити цей зв'язок?

17. Виходячи із положень методу молекулярних зв'язків МО, дайте аргументовану відповідь, чи можливе існування таких частинок: а)  $\text{He}_2^+$ ,  $\text{He}_2^0$ ; б)  $\text{H}_2^-$ ,  $\text{H}_2^{2-}$ ; в)  $\text{H}_2^+$ ,  $\text{H}_2^{2+}$ ; г)  $\text{H}_2^0$ ,  $\text{Cl}_2^0$ ; д)  $\text{Na}_2^0$ ,  $\text{Mg}_2^0$ ; е)  $\text{B}_2^0$ ,  $\text{He}_2^0$ ; ж)  $\text{O}_2^0$ ,  $\text{Ca}_2^0$ ; з)  $\text{F}_2^0$ ,  $\text{F}_2^{2-}$ ; і)  $\text{N}_2^0$ ,  $\text{Ne}_2^0$ .

18. Розберіть утворення зв'язків у частинках і зазначте, які з них належать до парамагнітних, а які – до діамагнітних: а)  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2^-$ ; б)  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2^+$ ; в)  $\text{H}_2$ ,  $\text{F}_2^+$ ; г)  $\text{F}_2$ ,  $\text{He}_2^-$ ; д)  $\text{C}_2$ ,  $\text{N}_2$ ; е)  $\text{Li}_2^-$ ,  $\text{B}_2$ .

19. Як змінюється величина енергії зв'язку залежно від типу зв'язку: ковалентний, водневий, йонний, металічний?

20. Який вплив виявляє водневий зв'язок на властивості амоніаку, фтороводню, води? Чому лід легше, ніж рідка вода?

21. У чому полягають фізичні причини міжмолекулярної взаємодії в рідкому амоніаку, йодоводні, Карбон тетрахлориді? Для відповіді використовуйте довідникові дані щодо дипольних моментів відповідних речовин.

22. Порівняйте способи утворення хімічних зв'язків у молекулах  $\text{CH}_4$  і  $\text{NH}_3$  та йоні  $\text{NH}_4^+$ . Чи можливе існування йона  $\text{CH}_5^+$ ?

23. Який атом є донором, а який – акцептором електронної пари в йонах: а)  $\text{NH}_4^+$ ; б)  $\text{H}_3\text{O}^+$ ; в)  $\text{BH}_4^-$ ; г)  $\text{BF}_4^-$ ; д)  $\text{PH}_4^+$ ?

24. Як змінюється здатність до гібридизації валентних орбіталей центрального атома і міцність зв'язку в ряду: а) молекул  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{SbH}_3$ ,  $\text{BiH}_3$ ; б) йонів  $\text{SiO}_4^{4-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ?

25. У ціановодневій кислоті (H-CN) ковалентність Карбону дорівнює IV, а в ізоціановій кислоті (H-NC) – II. З урахуванням цього поясніть механізм утворення зв'язків у ціановій та ізоціановій кислотах. Скільки  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язків міститься в кожній молекулі?

26. Розмістіть електрони по квантових комірках для йонів  $\text{N}^+$  і  $\text{N}^-$ . Яку ковалентність вони виявляють? Поясніть будову

молекули  $N_2O$ , беручи до уваги наявність в ній йонів  $N^+$  і  $N^-$ , а також  $sp$ -гібридизацію центрального атома.

27. Дипольні моменти молекул  $CO_2$  і  $BF_3$  дорівнюють нулю, а молекул  $SO_2$  і  $NF_3$  – більше нуля. Чим це можна пояснити? Чи однаковими є валентні кути та геометричні конфігурації в молекулах  $CO_2$  і  $SO_2$ ;  $BF_3$  і  $NF_3$ ?

28. Чому дорівнює ковалентність Карбону в молекулах:  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $HCN$ ,  $HCOOH$ ,  $CS_2$ ,  $CF_2$ ,  $CCl_4$ ?

29. Яку геометричну будову мають молекули, якщо зв'язки в них утворюються за рахунок  $sp$ -,  $sp^2$ -,  $sp^3$ -,  $sp^3d^2$ -гібридизованих орбіталей?

30. Енергії зв'язку у молекулах  $H_2$ ,  $O_2$  і  $Cl_2$  дорівнюють відповідно 480, 495 і 240 кДж/моль. Розмістіть їх у порядку зростання міцності зв'язку і дайте необхідні пояснення.

31. В якій із гомоядерних молекул  $Cl_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $F_2$  хімічний зв'язок є найміцнішим? Чому? Визначте кратність зв'язку в кожній молекулі.

32. Чим пояснюється здатність молекул  $NO$  і  $NO_2$  утворювати димери  $N_2O_2$  і  $N_2O_4$ ?

33. На прикладі ряду  $H-F$ ,  $H-Cl$ ,  $H-Br$ ,  $H-I$  покажіть, як міцність молекули залежить від довжини і енергії зв'язку. Яка із наведених кислот є найсильнішою?

34. Як і чому змінюється величина валентного кута і міцність зв'язку в ряду  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$ ?

35. Покажіть утворення зв'язків на прикладі молекул  $H_2$ ,  $F_2$ ,  $HF$ .

36. Яку ковалентність можуть виявляти у сполуках елементи  $As$ ,  $Se$ ,  $Br$ ? Для відповіді використовуйте електронно-графічні формули атомів у нормальному і збудженому станах.

37. Чому молекули  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$  складаються із двох атомів? Чи можуть існувати триатомні молекули цих елементів? Чим можна пояснити, що елемент Оксиген здатний утворювати як



двохатомні молекули кисню  $O_2$ , так і триатомні молекули озону  $O_3$ ?

#### IV ОКИСНЮВАЛЬНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

1. Які з наведених сполук можуть бути тільки окисниками, які – тільки відновниками, а які здатні до диспропорціонування? Відповідь підтвердіть за допомогою електронних рівнянь та на основі визначення ступенів окиснення елементів:

1) Сульфуру в сполуках  $Na_2S$ ,  $H_2S_2O_3$ ,  $KHSO_3$ ,  $PbSO_4$ ,  $FeS_2$ ;

2) Мангану в сполуках  $Na_2MnO_4$ ,  $MnO(OH)_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $Mn(NO_3)_2$ ,  $MnO_2$ ;

3) Нітрогену в сполуках  $NH_4NO_3$ ,  $N_2O$ ,  $NaNO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NH_2OH$ ;

4) Хрому в сполуках  $K_2Cr_2O_7$ ,  $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ ,  $Cr(OH)_2$ ,  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ,  $BaCrO_4$ ;

5) Феруму в сполуках  $Fe_3O_4$ ,  $BaFeO_4$ ,  $NaFeO_2$ ,  $K_4[Fe(CN)_6]$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ;

6) Фосфору в сполуках  $H_3PO_3$ ,  $NaH_2PO_4$ ,  $Na_4P_2O_7$ ,  $Ca(H_2PO_4)_2$ ,  $HPO_3$ ;

7) Хлору в сполуках  $KClO_3$ ,  $KClO$ ,  $Al(OH)_2Cl$ ,  $PCl_5$ ,  $KClO_4$ ;

8) Ніобію в сполуках  $NbO(OH)_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $NaNbO_3$ ,  $(NbO_2)_2SO_4$ ,  $Nb(OH)_2$ ;

9) Осмію в сполуках  $OsCl_3$ ,  $OsO_4$ ,  $K_2[OsO_2(OH)_6]$ ,  $OsO_2Cl_2$ ,  $OsF_4$ ;

10) Платини в сполуках  $(NH_4)_2[PtCl_6]$ ,  $Ba[Pt(CN)_6]$ ,  $PtO_2$ ,  $PtCl_2$ ,  $[Pt(NH_3)_4]Cl_2$ ;

11) Титану в сполуках  $TiOSO_4$ ,  $Na_2TiO_3$ ,  $H_4TiO_4$ ,  $Ti_2O_3$ ,  $[Ti(H_2O)_6]Cl_2$ ;



- 12) Танталу в сполуках  $\text{NH}_4\text{TaO}_3$ ,  $(\text{TaO})_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{TaO}_2\text{Cl}$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TaO}(\text{OH})_2$ ;
- 13) Йоду в сполуках  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ,  $\text{FeI}_2$ ,  $\text{HIO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{I}$ ,  $\text{H}_5\text{IO}_6$ ;
- 14) Сульфуру в сполуках  $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}(\text{OH})_2$ ,  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ;
- 15) Молібдену в сполуках  $\text{MoO}(\text{OH})_2$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{Mo}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{MoO}_2(\text{NO}_3)_2$ ;
- 16) Фосфору в сполуках  $\text{Na}_2\text{HPO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_2$ ,  $\text{H}[\text{PO}_2\text{H}_2]$ ;
- 17) Селену в сполуках  $\text{NH}_4\text{HSe}$ ,  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ,  $\text{NaHSeO}_3$ ,  $\text{SeO}_3$ ,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{SeCl}_4$ ;
- 18) Ванадію в сполуках  $(\text{NH}_4)_3\text{VO}_4$ ,  $\text{HVO}_3$ ,  $\text{VOCl}_2$ ,  $(\text{VO}_2)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{V}_4\text{O}_9$ ;
- 19) Фосфору в сполуках  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ ,  $\text{P}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NaH}_3\text{P}_2\text{O}_6$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ;
- 20) Бісмуту в сполуках  $\text{BiOCl}$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaBiO}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ,  $(\text{BiO}_2)_2\text{CO}_3$ ;
- 21) Мангану в сполуках  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MnSiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{MnO}_3$ ,  $\text{NaMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ;
- 22) Арсену в сполуках  $\text{Pb}(\text{AsO}_2)_2$ ,  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Ag}_3\text{AsO}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5$ ;
- 23) Сурми в сполуках  $\text{SbOCl}$ ,  $\text{SbCl}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_3[\text{SbS}_3]$ ,  $\text{SbOSO}_4$ ,  $\text{SbH}_3$ ;
- 24) Флуору в сполуках  $\text{H}[\text{BF}_4]$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{OF}_2$ ;
- 25) Ксенону в сполуках  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{XeO}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{XeO}_4$ ,  $\text{Ba}_3\text{XeO}_6$ ,  $\text{XeO}_2\text{F}_4$ ;
- 26) Йоду в сполуках  $\text{I}_2$ ,  $\text{NaIO}$ ,  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ,  $\text{H}_5\text{IO}_6$ ,  $\text{IF}$ ;
- 27) Стануму в сполуках  $\text{SnH}_4$ ,  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SnO}_3$ ,  $\text{SnOBr}_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ;
- 28) Сурми в сполуках  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HSbO}_3$ ,  $\text{SbOCl}$ ,  $\text{SbH}_3$ ,  $\text{Sb}(\text{OH})_3$ ;
- 29) Технецію в сполуках  $\text{Tc}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{TcO}_4)_2$ ,  $\text{TcO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{TcO}_4$ ,  $\text{TcO}_2$ ;
- 30) Телуру в сполуках  $\text{TeO}$ ,  $\text{MgTeO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$ ,  $\text{H}_2\text{TeO}_3$ ,  $\text{TeO}_2$ .

2. Обчисліть ступені окиснення атомів елементів у наведених йонах і зазначте, для яких із них притаманні тільки окиснювальні властивості, для яких – тільки відновні, а які можуть виявляти окиснювально-відновну двоїстість:

- 1)  $\text{HSO}_4^-$ ; 2)  $\text{ClO}_4^-$ ; 3)  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ; 4)  $\text{VO}_3^-$ ; 5)  $\text{VO}_2^+$ ; 6)  $\text{NO}_3^-$ ;
- 7)  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ ; 8)  $\text{MnO}^{2+}$ ; 9)  $\text{MnO}_4^-$ ; 10)  $\text{MnO}_4^{2-}$ ; 11)  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ ;
- 12)  $[\text{Pb}(\text{OH})_6]^{2-}$ ; 13)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ; 14)  $\text{PO}_4^{3-}$ ; 15)  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$ ;
- 16)  $\text{PH}_4^+$ ; 17)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ; 18)  $\text{CrO}_2^-$ ; 19)  $\text{SbO}_3^{3-}$ ; 20)  $\text{SO}_3^{2-}$ ;
- 21)  $\text{NO}_2^-$ ; 22)  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ; 23)  $\text{MoO}_3^{2-}$ ; 24)  $\text{ReO}_4^-$ ; 25)  $\text{IO}_6^{5-}$ ;
- 26)  $\text{Ir}(\text{OH})_2^{2-}$ ; 27)  $\text{TcO}_4^-$ ; 28)  $\text{SiF}_6^{2-}$ ; 29)  $[\text{Pb}(\text{OH})_6]^{4-}$ ; 30)  $\text{TiO}^{2+}$ .

3. Визначте ступені окиснення атомів і вкажіть, який процес (окиснення чи відновлення) відбувається внаслідок переходу:

- 1)  $\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_3^{2-}$ ; 2)  $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{HSO}_4^-$ ; 3)  $\text{HSO}_4^- \rightarrow \text{HS}^-$ ;
- 4)  $\text{S} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ; 5)  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-} \rightarrow \text{PH}_4^+$ ; 6)  $\text{VO}_2^+ \rightarrow \text{VO}^{2+}$ ;
- 7)  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$ ; 8)  $\text{PbO} \rightarrow [\text{Pb}(\text{OH})_6]^{2-}$ ; 9)  $\text{XeO}_6^{4-} \rightarrow \text{XeO}_4$ ;
- 10)  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2^+$ ; 11)  $\text{Cu}_2\text{O} \rightarrow [\text{CuCl}_3]^-$ ; 12)  $\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{N}_2$ ;
- 13)  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3+} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$ ; 14)  $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ ; 15)  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ;
- 16)  $\text{CuS} \rightarrow \text{SO}_2$ ; 17)  $\text{NaBr} \rightarrow \text{BrO}_3^-$ ; 18)  $\text{HAsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsH}_3$ ;
- 19)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{FeS}$ ; 20)  $\text{NO} \rightarrow \text{HNO}_3$ ; 21)  $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClO}_3^-$ ;
- 22)  $\text{As}_2\text{S}_3 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ ; 23)  $\text{IO}_3^- \rightarrow \text{I}^-$ ; 24)  $\text{Zn} \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ;
- 25)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow [\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3+}$ ; 26)  $\text{MgS} \rightarrow \text{MgSO}_4$ ; 27)  $\text{H}_2\text{Ti} \rightarrow \text{TiO}_2$ ;
- 28)  $\text{Mo}^{2+} \rightarrow \text{MoO}_4^{2-}$ ; 29)  $\text{Bi}_2\text{S}_3 \rightarrow \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 30)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

4. На основі методу електронного балансу розставте коефіцієнти у рівняннях реакцій. Для кожної реакції зазначте, яка речовина є окисником, а яка – відновником, яка сполука окиснюється, а яка – відновлюється:

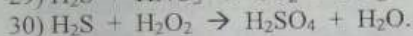
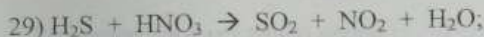
- 1)  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $\text{Al} + \text{HNO}_{3(\text{розв})} \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{Mg} + \text{HNO}_{3(\text{розв})} \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{SO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$ ;
- 6)  $\text{FeCl}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{HCl} + \text{I}_2$ ;
- 7)  $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ ;

- 8)  $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$ ;
- 9)  $HIO_3 + H_2O_2 \rightarrow I_2 + O_2 + H_2O$ ;
- 10)  $H_2O_2 + PbS \rightarrow PbSO_4 + H_2O$ ;
- 11)  $KI + H_2O_2 \rightarrow I_2 + KOH$ ;
- 12)  $NaBr + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + Na_2SO_4 + Br_2 + H_2O$ ;
- 13)  $HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$ ;
- 14)  $KNO_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow NO + I_2 + K_2SO_4 + H_2O$ ;
- 15)  $Na_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + K_2SO_4 + H_2O$ ;
- 16)  $Au + HNO_3 + HCl \rightarrow AuCl_3 + NO + H_2O$ ;
- 17)  $FeS + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + S + NO + H_2O$ ;
- 18)  $FeSO_4 + KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + KCl + H_2O$ ;
- 19)  $Cu_2O + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$ ;
- 20)  $AsH_3 + HNO_3 \rightarrow H_3AsO_4 + NO_2 + H_2O$ ;
- 21)  $As_2S_3 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + H_2SO_4 + NO$ ;
- 22)  $As_2O_3 + I_2 + KOH \rightarrow KI + K_3AsO_4 + H_2O$ ;
- 23)  $K_2Cr_2O_7 + C_2H_4(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + (COOH)_2 + K_2SO_4 + H_2O$ ;
- 24)  $V_2S_3 + KMnO_4 + HCl \rightarrow H_6V_{10}O_{28} + S + MnCl_2 + KCl + H_2O$ ;
- 25)  $K_3[Cr(OH)_6] + K_2O_2 \rightarrow K_2CrO_4 + KOH + H_2O$ ;
- 26)  $SO_2 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + NO$ ;
- 27)  $NaI + NaIO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$ ;
- 28)  $PbO_2 + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + NaNO_3 + H_2O$ ;
- 29)  $ReO_2 + O_2 + NaOH \rightarrow Na_3ReO_5 + H_2O$ ;
- 30)  $Ca_3(PO_4)_2 + C + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO + P$ .

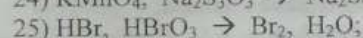
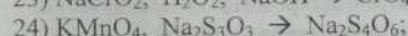
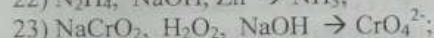
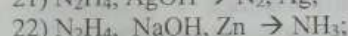
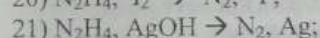
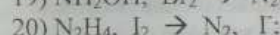
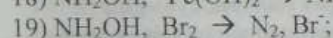
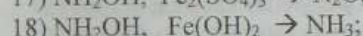
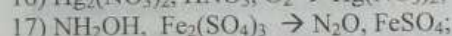
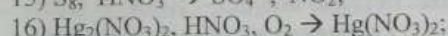
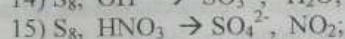
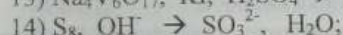
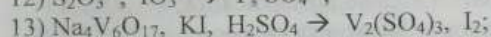
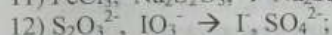
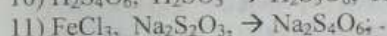
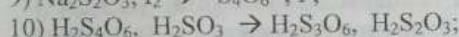
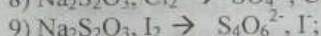
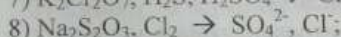
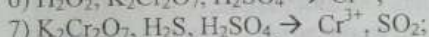
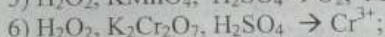
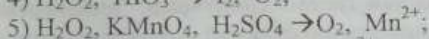
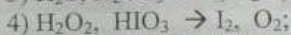
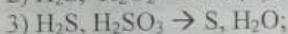
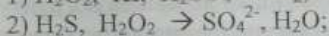
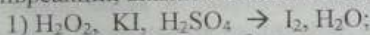
5. Використовуючи йонно-електронний метод, підберіть коефіцієнти у рівняннях реакцій, зазначте окисник і відновник:

- 1)  $Cr(OH)_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow Na_2CrO_4 + NaBr + H_2O$ ;
- 2)  $K_2Cr_2O_7 + K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$ ;
- 3)  $KMnO_4 + KNO_2 + NaOH \rightarrow K_2MnO_4 + Na_2MnO_4 + KNO_3 + H_2O$ ;
- 4)  $PbO_2 + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + NaNO_3 + H_2O$ ;

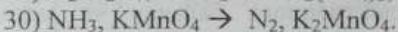
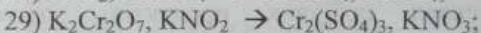
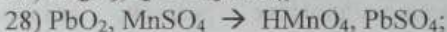
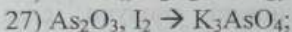
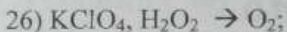
- 5)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{K}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 7)  $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 8)  $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 9)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 10)  $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 11)  $\text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 12)  $\text{KIO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 13)  $\text{FeS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 14)  $\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 15)  $\text{KCrO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 16)  $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 17)  $\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 18)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 19)  $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KOH}$ ;
- 20)  $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 21)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 22)  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 23)  $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 24)  $\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CoCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 25)  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$ ;
- 26)  $\text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 27)  $\text{KClO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 28)  $\text{FeCl}_3 + \text{AsH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{HCl}$ ;



6. Використовуючи запропоновані сполуки, складіть рівняння окиснювально-відновних реакцій, встановіть середовище і склад побічних продуктів, розставте коефіцієнти методом електронного балансу чи методом напівреакцій, вкажіть окисник і відновник:





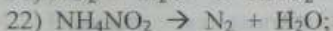
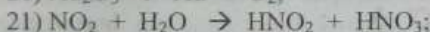
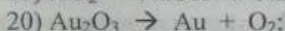
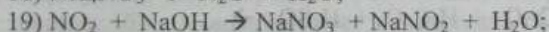
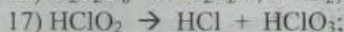
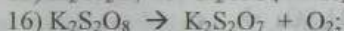
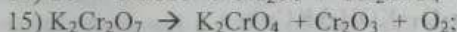
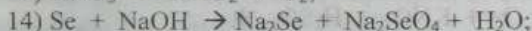
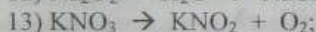
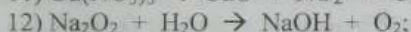
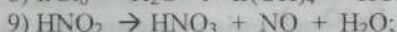
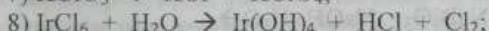
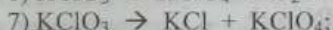
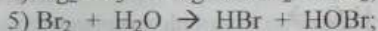
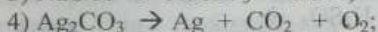
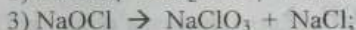
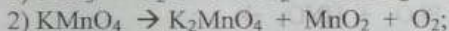


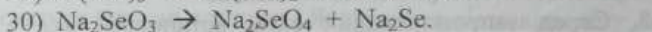
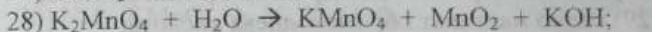
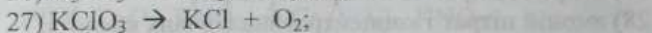
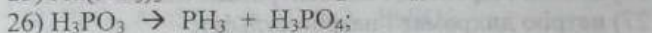
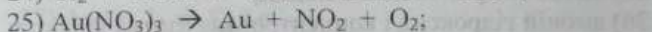
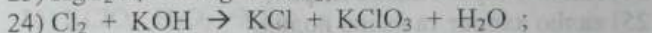
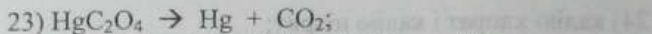
7. Чи можна приготувати розчини, в яких одночасно містяться названі сполуки? Якщо ні, то відповідь обґрунтуйте складанням рівнянь окиснювально-відновних реакцій, зазначивши окисник, відновник і середовище, в якому відбувається взаємодія між такими сполуками:

- 1) калію перманганат і калію сульфід;
- 2) калію перманганат і каліюсульфід;
- 3) азотна і сірководнева кислоти;
- 4) триоксид хрому і концентрована соляна кислота;
- 5) натрію нітрит та йодоводнева кислота;
- 6) калію хромат і гідроген пероксид;
- 7) калію дихромат та калію йодид;
- 8) калію хлорат та йодоводнева кислота;
- 9) калію гіпохлорит і азотиста кислота;
- 10) натрію перманганат і концентрована соляна кислота;
- 11) калію перхлорат та калію йодид;
- 12) натрію ферат(VI) і концентрована соляна кислота;
- 13) натрію метаванадат і ферум(II) хлорид;
- 14) підкислений натрій нітрат і натрій сульфід;
- 15) калію дихромат і концентрована соляна кислота;
- 16) концентровані азотна і соляна кислоти;
- 17) ферум(III) хлорид та натрій йодид;
- 18) кобальт(III) хлорид і сірководнева кислота;
- 19) натрію нітрит і натрію дихромат;
- 20) калію манганат і сірководнева кислота;
- 21) калію хлорат і калію сульфід;
- 22) калію хромат і калію пероксид;
- 23) марганцевиста і концентрована соляна кислоти;

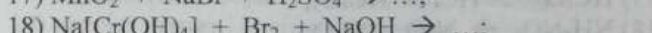
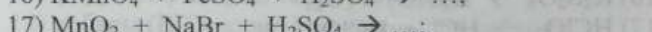
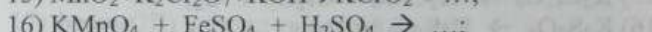
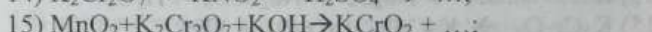
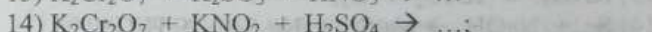
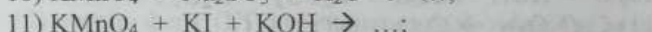
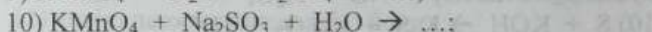
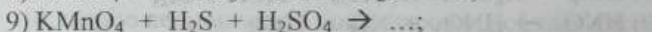
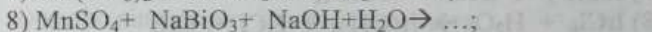
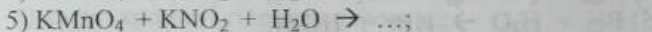
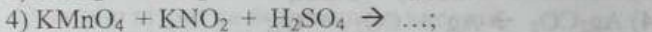
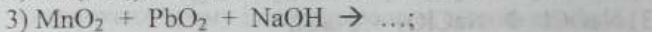
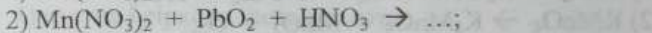
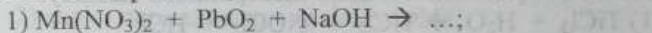
- 24) калію хлорат і калію нітрит;
- 25) калію хлорат та калію йодид;
- 26) амоній гідроксид і концентрована азотна кислота;
- 27) натрію дихромат і натрію сульфід;
- 28) амоній нітрат і концентрована сірчана кислота;
- 29) калію манганат і бромоводнева кислота;
- 30) калію гіпохлорит та калію йодид.

8. Серед запропонованих схем встановіть, яка з них належить до внутрішньомолекулярних реакцій, а яка – до диспропорціонування. Зазначте суттєві ознаки і дайте визначення цих типів окиснювально-відновних реакцій, розставте коефіцієнти методом електронного балансу:





9. Враховуючи вплив реакційного середовища на характер відновлення  $\text{Mn}^{+7}$  і  $\text{Cr}^{+6}$  та окиснення  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+4}$  і  $\text{Cr}^{+3}$ , закінчіть рівняння реакцій, методом електронного балансу розставте коефіцієнти, зазначте окисник і відновник:



- 23)  $K_2Cr_2O_7 + Zn + HNO_3 \rightarrow \dots$ ;  
 24)  $Cr(OH)_3 + PbO_2 + NaOH \rightarrow \dots$ ;  
 25)  $Ca(CrO_2)_2 + O_2 + Na_2CO_3 \rightarrow \dots$ ;  
 26)  $Cr_2O_3 + Br_2 + KOH \rightarrow \dots$ ;  
 27)  $Cr_2(SO_4)_3 + H_2O_2 + KOH \rightarrow \dots$ ;  
 28)  $K_2CrO_4 + C_2H_4(OH)_2 + H_2O \rightarrow \dots$ ;  
 29)  $MnSO_4 + Na_2O_2 + HNO_3 \rightarrow NaNO_3 + \dots$ ;  
 30)  $KMnO_4 + CH_3-CH_2-OH + HNO_3 \rightarrow CH_3-CHO + \dots$ ;

## V ТЕРМОДИНАМІКА ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Для розв'язування задач цього розділу необхідно звертатися до довідникових даних щодо значень термодинамічних функцій речовин (табл.1).

1. До якого типу належать термодинамічні системи, стан яких характеризується такими ознаками: а) відсутній обмін з навколишнім середовищем, енергією та масою; б) можлива тільки теплопередача у зовнішнє середовище; в) відбувається обмін з навколишнім середовищем, енергією та масою?

2. До якого типу термодинамічних систем можна віднести такі системи: а) термос із льодом; б) грілка з гарячою водою; в) запаяна ампула з аргоном; г) пробірка, в якій проходить реакція:  $Na_2CO_{3(r)} + H_2SO_{4(p)} \rightarrow 2NaHSO_{4(r)} + CO_{2(r)} + H_2O_{(p)}$ ; д) скляна посудина, в якій відбувається процес нейтралізації:  $H^-(p) + OH^-(p) \rightarrow H_2O_{(p)} + 55,84 \text{ кДж/моль}$ ?

3. Хімічний процес, який відбувається у закритій системі, супроводжується теплопередачею: а) від системи у зовнішнє середовище; б) із зовнішнього середовища в систему. Зазначте знаки теплоти, що передається, і назвіть процеси теплопередачі.

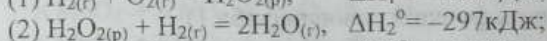
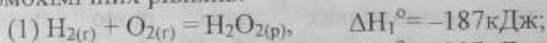
4. Наведіть математичний запис першого закону термодинаміки для таких систем: а) ізольована; б) закрита;

в) закрита, в якій відбувається теплопередача і здійснюється робота; г) закрита, в якій робота відсутня; д) закрита, в якій теплопередача не відбувається.

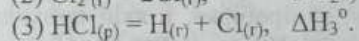
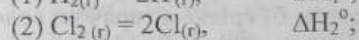
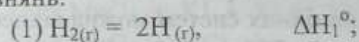
5. Назвіть системи, для яких перший закон термодинаміки має вираз: а)  $\Delta U = Q$ ; б)  $\Delta U = -A$ ; в)  $\Delta U = 0$ ; г)  $\Delta U = Q - A$ ; д)  $\Delta U \neq 0$ .

6. Назвіть речовини, для яких значення стандартної ентальпії утворення дорівнює нулю:  $O_{3(r)}$ ,  $C_{(алмаз)}$ ,  $Hg_{(r)}$ ,  $P_{4(білий)}$ ,  $O_{2(r)}$ ,  $Hg_{(r)}$ ,  $P_{(червоний)}$ ,  $Mg_{(p)}$ ,  $Hg_{(p)}$ ,  $Br_{2(p)}$ ,  $Ar_{(r)}$ ,  $C_{(графіт)}$ ,  $Br_{2(r)}$ ,  $Mg_{(r)}$ ,  $Na_{(r)}$ ,  $I_{2(r)}$ ,  $I_{2(r)}$ . Відповіді аргументуйте і перевірте за довідником.

7. На основі закону Гесса виведіть формулу для розрахунків і обчисліть стандартну ентальпію утворення води за реакцією  $2H_{2(r)} + O_{2(r)} = 2H_2O_{(p)}$ ;  $H_{x,p}$ ?, виходячи із таких термохімічних рівнянь:



8. На основі закону Гесса виведіть формулу для розрахунків і обчисліть стандартну ентальпію утворення газоподібного хлороводню, виходячи із таких термохімічних рівнянь:



9. Стандартна ентальпія утворення  $CO_{(r)}$  дорівнює  $\Delta H^{\circ} = -110,5 \text{ кДж/моль}$ . При згорянні 1 моля  $CO$  виділяється  $283,0 \text{ кДж}$  теплоти. Обчисліть стандартну ентальпію утворення  $CO_2$ .

10. Розрахуйте  $\Delta H^{\circ}_{x,p}$  хімічної реакції  $CaO_{(к)} + SiO_{2(к)} = CaSiO_{3(к)}$ , якщо стандартні ентальпії утворення  $\Delta H^{\circ}$  кристалічних речовин  $CaO_{(к)}$ ,  $SiO_{2(к)}$ ,  $CaSiO_{3(к)}$  відповідно дорівнюють:  $-636$ ,  $-908$ ,  $-1582 \text{ кДж/моль}$ . Сформулюйте

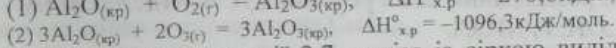
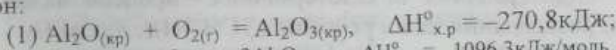


правило розрахунків  $\Delta H$  хімічної реакції за величинами ентальпій утворення речовин, що беруть у ній участь.

11. Ентальпія розчинення у воді  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{CuSO}_4$  відповідно дорівнює  $+11,7 \text{ кДж/моль}$  і  $-66,1 \text{ кДж/моль}$ . Обчисліть ентальпію приєднання 5 моль води до одного моля купрум(II) сульфату.

12. Ентальпія розчинення у воді речовин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  відповідно дорівнюють  $-25 \text{ кДж/моль}$  і  $+67 \text{ кДж/моль}$ . Обчисліть ентальпію приєднання 10 моль води до одного моля натрій карбонату.

13. За даними щодо окиснення  $\text{Al}_2\text{O}$  киснем і озоном розрахуйте тепловий ефект перетворення 1 моля кисню в озон:



14. Внаслідок взаємодії 2,7 г заліза із сіркою виділилося  $3,77 \text{ кДж}$  теплоти. Обчисліть ентальпію утворення  $\text{FeS}$ .

15. Яка кількість теплоти виділяється внаслідок вибуху  $8,4 \text{ л}$  (н.у.) гримучого газу (стехіометрична суміш  $\text{H}_2$  і  $\text{O}_2$ )?

16. Яка кількість теплоти виділяється при спалюванні  $112 \text{ л}$  (н.у.) водяного газу (суміші рівних об'ємів  $\text{H}_2$  і  $\text{CO}$ )?

17. Обчисліть ентальпію утворення рідкого метилового спирту, виходячи із термохімічного рівняння:  $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{р})} + 1,5\text{O}_{2(\text{r})} = \text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ,  $\Delta H_{\text{x.p}}^{\circ} = -726,5 \text{ кДж}$ .

18. При повному згорянні етилену  $\text{C}_2\text{H}_4$  з утворенням  $\text{CO}_2$  і рідкої води виділилося  $6226 \text{ кДж}$  теплоти. Який об'єм кисню (н.у.) вступив у реакцію?

19. Ентальпія утворення  $\text{N}_2\text{O}_{4(\text{r})}$  дорівнює  $9,6 \text{ кДж/моль}$ . Розрахуйте, скільки теплоти необхідно витратити для димеризації  $1 \text{ л}$  бурого газу  $\text{NO}_2$ .

20. Обчисліть мольну теплоту (ентальпію) випаровування рідкої води. Скільки теплоти виділяється при конденсації у рідкий стан  $90 \text{ г}$  водяної пари?

21. Розрахуйте теплові ефекти згоряння  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{р})}$  і  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{r})}$  з утворенням  $\text{CO}_{2(\text{r})}$  і  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ , зважаючи на те, що

мольна теплота пароутворення  $C_2H_5OH_{(p)}$  дорівнює 42,3кДж/моль. Скільки теплоти необхідно витратити для випаровування 92 г рідкого етилового спирту?

22. При відновлюванні 12,7г  $CuO$  вугіллям до  $Cu$  з утворенням  $CO$  поглинається 8,24кДж теплоти. Визначте ентальпію утворення  $CuO$ .

23. При одержанні 540г синильної кислоти  $HCN$  шляхом відновлення вуглекислого газу  $CO_2$  вуглицем за наявності газоподібного амоніаку  $NH_3$  витрачено 1843 кДж теплоти. Обчисліть тепловий ефект цієї реакції та ентальпію утворення синильної кислоти.

24. На основі відповідних обчислень встановіть, до якого типу – ендотермічних чи екзотермічних – процесів належать реакції розкладання таких речовин: а)  $Ca(OH)_2$ ; б)  $CaCO_3$ ; в)  $NH_4OH$ ; г)  $NH_4Cl$ .

25. На основі відповідних обчислень встановіть, до якого типу – ендотермічних чи екзотермічних – процесів належать реакції утворення із простих сполук таких речовин: а)  $NO$ ; б)  $N_2O$ ; в)  $NO_2$ ; г)  $NH_3$ .

26. В якому випадку виділяється більша кількість теплоти при розчиненні у воді: а) 1,12л (н.у.)  $NH_3$ ; б) 2,8г  $CaO_{(кр)}$ ?

27. Яка реакція утворення одного моля  $NO_2$  є енергетично вигіднішою: а) із  $NO$  і  $O_2$ ; б) із  $N_2$  і  $O_2$ ; в) із  $N_2O$  і  $O_2$ ; г) при розкладанні  $N_2O_4$ ?

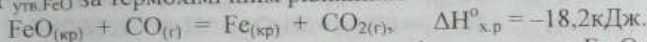
28. Спалили по 1,12л (н.у.) таких газів: а)  $CH_4$ ; б)  $C_2H_2$ ; в)  $C_2H_6$ ; г)  $C_2H_4$ ; д)  $CO$ ; е)  $H_2$ . В якому випадку виділяється більша кількість теплоти?

29. Чи однаковими є теплові ефекти реакцій окиснення амоніаку  $NH_3$  киснем з утворенням: а)  $N_2$  і  $H_2O_{(r)}$ ; б)  $NO$  і  $H_2O_{(r)}$ ?

30. Встановіть, скільки теплоти виділиться при утворенні 10г  $CaCO_{3(кр)}$  із: а)  $CaO_{(кр)}$ ; б)  $Ca(OH)_{2(кр)}$ .

31. При відновленні воднем одного моля  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{кр})$  до заліза Fe поглинається 96,61 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння цієї реакції та розрахуйте ентальпію утворення  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{кр})$ .

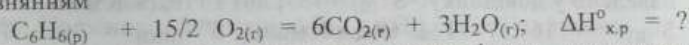
32. Обчисліть тепловий ефект реакції відновлення  $\text{FeO}(\text{кр})$  воднем до заліза, попередньо розрахувавши величину  $\Delta H_{\text{утв. FeO}}^\circ$  за термохімічним рівнянням



33. Розрахуйте стандартну ентальпію утворення  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{кр})$ , виходячи із термохімічного рівняння  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{кр}) + 3\text{CO}(\text{г}) = 2\text{Fe}(\text{кр}) + 3\text{CO}_2(\text{г})$ ,  $\Delta H_{\text{х.р}}^\circ = -28,4 \text{ кДж}$ .

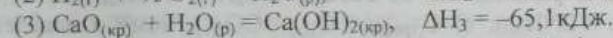
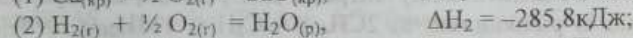
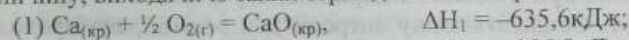
34. Тепловий ефект реакції горіння 1 моля рідкого бензену  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{р})$  з утворенням парів води і вуглекислого газу дорівнює  $-3135,6 \text{ кДж}$ . Складіть термохімічне рівняння цієї реакції та обчисліть ентальпію утворення  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{р})$ .

35. Реакція згорання бензену виражається термохімічним рівнянням



Обчисліть тепловий ефект реакції, якщо відомо, що мольна теплота пароутворення бензену дорівнює  $+33,9 \text{ кДж}$ .

36. Тепловий ефект якої реакції дорівнює ентальпії утворення кристалічного гідроксиду кальцію? Обчисліть цю величину, виходячи із таких термодинамічних рівнянь:

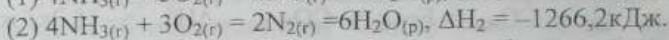
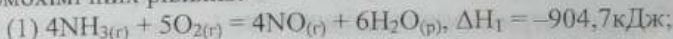


37. При добуванні еквівалентної маси кальцій гідроксиду із  $\text{CaO}(\text{кр})$  і  $\text{H}_2\text{O}(\text{р})$  виділилося  $32,5 \text{ кДж}$  теплоти. Напишіть відповідне термохімічне рівняння та обчисліть ентальпію утворення кальцій гідроксиду.

38. Складіть термохімічне рівняння реакції між  $\text{CO}(\text{г})$  і воднем з утворенням  $\text{CH}_4(\text{г})$  і  $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ . Скільки теплоти виділилося внаслідок такої реакції, якщо було одержано  $67,2 \text{ л}$  (н.у.) метану?

39. Напишіть термохімічне рівняння згоряння етану  $C_2H_6(r)$ , обчисливши її тепловий ефект. Скільки теплоти виділиться при спалюванні  $1m^3$  (н.у.) етану?

40. Тепловий ефект якої реакції дорівнює ентальпії утворення  $NO(r)$ ? Розрахуйте цю величину, виходячи із таких термохімічних рівнянь:



41. При наближенні температури до абсолютного нуля величина змінення ентропії  $\Delta S$  звичайно теж наближається до нуля. Чим пояснити, що окремі реакції, для яких навіть при  $0K \Delta S \neq 0$ , є винятком із цього правила, наприклад:  $C_{(графіт)} + \frac{1}{2} O_{2(кр)} = CO_{(кр)}$ ;  $\frac{1}{2} N_{2(кр)} + \frac{1}{2} O_{2(кр)} = NO_{(кр)}$ ;  $CO_{2(кр)} + C_{(кр)} = 2CO_{(кр)}$ ?

42. Поясніть, якому агрегатному стану речовин і чому відповідає кожне значення стандартної ентропії  $S^\circ$ , що наведено у довіднику:  $S^\circ_{(I_2)} = 137; 261$  і  $116 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$ ;  $S^\circ_{(K)} = 160; 71$  і  $65 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$ ;  $S^\circ_{(H_2O)} = 39; 70$  і  $189 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$ ?

43. Збільшиться чи знизиться ентропія при переході:

а) графіту в алмаз; б) води у пару? Чому? Обчисліть  $\Delta S^\circ$  для кожного перетворення. Зробіть висновок про кількісні зміни ентропії при фазових і алотропних переходах.

44. Обчисліть зміну ентропії для реакцій, що проходять згідно із рівняннями: а)  $2CH_4(r) = C_2H_2(r) + 3H_2(r)$ ; б)  $N_2(r) + 3H_2(r) = 2NH_3(r)$ ; в)  $C_{(графіт)} + O_2(r) = CO_2(r)$ . Чому в наведених реакціях  $\Delta S^\circ > 0, < 0, = 0$ ?

45. Наведіть математичний вираз термодинамічної функції, яка називається енергією Гіббса. Проаналізуйте цей вираз і дайте відповідь на запитання, чи можна визначити абсолютне значення енергії Гіббса  $\Delta G$  системи за умов  $p, T = \text{const}$ ?



46. При яких знаках ( $>0$ ,  $<0$ ) ентальпія  $\Delta H$  і ентропія  $\Delta S$  стають чинниками, що сприяють самочинному проходженню реакції в закритій системі за умов  $p, T = \text{const}$ ?

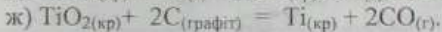
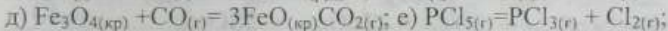
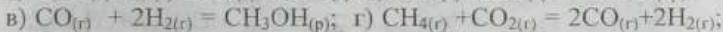
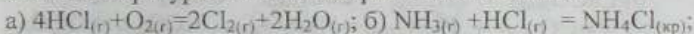
47. Проаналізуйте рівняння  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  і зазначте, як залежить величина енергії Гіббса  $\Delta G$  від температури, якщо:  
а)  $\Delta S < 0$ ; б)  $\Delta S > 0$ ; в)  $\Delta S = 0$ . Що є критерієм самочинного проходження реакцій у закритій системі при  $\Delta S = 0$ ?

48. Використовуючи довідникові дані (табл.1), встановіть, утворення якого продукту в кожному наборі з двох реакцій найбільш імовірно при проходженні процесу в закритій системі за стандартних умов:

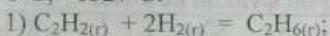


49. У стані рівноваги для реакції  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$  за стандартних умов наведені такі термодинамічні величини:  $\Delta H^\circ = +40 \text{ кДж}$ ;  $\Delta S^\circ = +40 \text{ Дж/К}$ . Чому дорівнює енергія Гіббса? Якою є рівноважна температура для цієї системи?

50. На основі обчислень  $\Delta S_{x,p}$  і  $\Delta H_{x,p}$  (табл.1) визначте, за яких температур встановиться рівновага в системах:



51. За даними табл.1 розрахуйте тепловий ефект  $\Delta H$ , зміну ентропії  $\Delta S$ , енергію Гіббса  $\Delta G$  (двома способами) для реакцій, що проходять згідно із наведеними рівняннями. За значенням  $\Delta H$  встановіть, до якого типу – ендо- чи екзотермічних процесів вони належать. На основі обчислень  $\Delta S$  і  $\Delta G$  зробіть висновок про можливий напрямок самочинного проходження реакції при температурі  $-100^\circ\text{C}$ ;  $+298^\circ\text{C}$ ;  $+1527^\circ\text{C}$ :





- 2)  $\text{CO}_{2(r)} + \text{H}_{2(r)} = \text{CO}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 3)  $\text{ZnS}_{(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{ZnCl}_{2(\text{кр})} + \text{H}_2\text{S}_{(r)}$ ;
- 4)  $4\text{NH}_{3(r)} + 5\text{O}_{2(r)} = 4\text{NO}_{(r)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 5)  $\text{C}_2\text{H}_{2(r)} + 5/2 \text{O}_{2(r)} = 2\text{CO}_{2(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 6)  $3\text{C}_2\text{H}_{2(r)} = \text{C}_6\text{H}_{6(r)}$ ;
- 7)  $\text{C}_2\text{H}_{6(r)} + 7/2 \text{O}_{2(r)} = 2\text{CO}_{2(r)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 8)  $\text{C}_2\text{H}_{4(r)} + 3\text{O}_{2(r)} = 2\text{CO}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 9)  $\text{CH}_{4(r)} + 2\text{O}_{2(r)} = \text{CO}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 10)  $4\text{NH}_{3(r)} + 3\text{O}_{2(r)} = 2\text{N}_{2(r)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 11)  $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{р})} + 3/2 \text{O}_{2(r)} = \text{CO}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 12)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{р})} + 3\text{O}_{2(r)} = 2\text{CO}_{2(r)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 13)  $\text{HCl}_{(\text{р})} + \text{NH}_4\text{OH}_{(\text{р})} = \text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 14)  $2\text{H}_2\text{S}_{(r)} + \text{H}_2\text{SO}_{3(\text{р})} = 3\text{S}_{(r)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 15)  $\text{H}_2\text{S}_{(r)} + 3\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{р})} = 4\text{SO}_{2(r)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 16)  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{р})} + 2\text{NaOH}_{(\text{р})} = \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{кр})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 17)  $\text{HCl}_{(\text{р})} + \text{NaOH}_{(\text{р})} = \text{NaCl}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 18)  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{CaCl}_{2(\text{кр})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 19)  $\text{CaO}_{(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{CaCl}_{2(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 20)  $\text{CaCO}_{3(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{CaCl}_{2(\text{кр})} + \text{CO}_{2(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 21)  $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{кр})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{р})} = \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{кр})} + \text{CO}_{2(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 22)  $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = 2\text{NaCl}_{(\text{кр})} + \text{CO}_{2(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 23)  $2\text{ZnS}_{(\text{кр})} + 3\text{O}_{2(r)} = 2\text{ZnO}_{(\text{кр})} + 2\text{SO}_{2(r)}$ ;
- 24)  $\text{CCl}_{4(r)} + \text{O}_{2(r)} = \text{CO}_{2(r)} + 2\text{Cl}_{2(r)}$ ;
- 25)  $\text{CaO}_{(\text{кр})} + 3\text{C}_{(\text{графіт})} = \text{CaC}_{2(\text{кр})} + \text{CO}_{(r)}$ ;
- 26)  $\text{CaC}_{2(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{CaCl}_{2(\text{кр})} + \text{C}_2\text{H}_{2(r)}$ ;
- 27)  $\text{CH}_{4(r)} + 2\text{Cl}_{2(r)} = \text{CCl}_{4(\text{р})} + \text{HCl}_{(r)}$ ;
- 28)  $3\text{N}_2\text{O}_{(r)} + 2\text{NH}_{3(r)} = 4\text{N}_{2(r)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$ ;
- 29)  $\text{CO}_{2(r)} + 2\text{NaOH}_{(\text{р})} = \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ ;
- 30)  $\text{ZnO}_{(\text{кр})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{ZnCl}_{2(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ .

Таблиця 1 – Термодинамічні функції речовин

| Речовина | $\Delta H^{\circ}_{298}$ ,<br>кДж/моль | $S^{\circ}_{298}$ ,<br>Дж/моль·К | $\Delta G^{\circ}_{298}$ ,<br>кДж/моль |
|----------|--|----------------------------------|--|
| 1        | 2                                      | 3                                | 4                                      |

| 1                 | 2       | 3     | 4       |
|-------------------|---------|-------|---------|
| $C_{(графіт)}$    | 0       | 5,7   | 0       |
| $C_{(алмаз)}$     | 1,8     | 2,4   | 2,8     |
| $CH_{4(r)}$       | -74,6   | 186,2 | -50,8   |
| $C_2H_{2(r)}$     | 226,7   | 200,8 | 209,2   |
| $C_2H_{4(r)}$     | 52,3    | 219,4 | 68,1    |
| $C_2H_{6(r)}$     | -84,7   | 229,5 | -32,9   |
| $C_6H_{6(r)}$     | 82,9    | 269,2 | 129,7   |
| $CH_3OH_{(p)}$    | -238,6  | 126,8 | -166,2  |
| $C_2H_5OH_{(p)}$  | -277,0  | 160,7 | -174,8  |
| $CS_{2(p)}$       | 88,7    | 151,0 | 64,4    |
| $CS_{2(r)}$       | 116,7   | 237,8 | 66,6    |
| $CO_{(r)}$        | -110,5  | 197,4 | -137,3  |
| $CO_{2(r)}$       | -393,5  | 213,6 | -394,4  |
| $CCl_{4(r)}$      | -100,4  | 310,2 | -58,2   |
| $CaC_2_{(кр)}$    | -62,8   | 70,3  | -67,8   |
| $CaCl_2_{(кр)}$   | -796,3  | 113,8 | -750,2  |
| $CaCO_3_{(кр)}$   | -1206,9 | 92,9  | -1128,7 |
| $CaO_{(кр)}$      | -635,5  | 39,7  | -603,5  |
| $Ca(OH)_2_{(кр)}$ | -986,6  | 83,4  | -897,5  |
| $Cl_{2(r)}$       | 0       | 223,0 | 0       |
| $ClO_2F_{(r)}$    | -49,9   | 217,8 | -51,4   |
| $ClO_{2(r)}$      | 105,0   | 257,0 | 122,3   |
| $CuCO_3_{(кр)}$   | -595,4  | 88,0  | -518,3  |
| $Fe_{(кр)}$       | 0       | 27,3  | 0       |
| $FeO_{(кр)}$      | -263,7  | 60,8  | -244,2  |
| $Fe_2O_3_{(кр)}$  | -821,3  | 90,0  | -741,0  |
| $FeBr_2_{(кр)}$   | -251,4  | 140,0 | -239,6  |
| $FeBr_3_{(кр)}$   | -269,0  | 184,1 | -246,2  |
| $Fe_3O_4_{(кр)}$  | -1117,1 | 146,2 | -1014,2 |
| $H_{2(r)}$        | 0       | 130,6 | 0       |
| $H_2O_{(r)}$      | -241,8  | 188,7 | -228,6  |
| $H_2O_{(p)}$      | -285,8  | 70,1  | -237,2  |

| 1                                   | 2       | 3     | 4       |
|-------------------------------------|---------|-------|---------|
| HCl <sub>(r)</sub>                  | -91,8   | 186,8 | -94,8   |
| HCl <sub>(p)</sub>                  | -166,9  | 56,5  | -131,2  |
| HBr <sub>(p)</sub>                  | -131,3  | 83,3  | -107,1  |
| HF <sub>(r)</sub>                   | -270,9  | 173,7 | -272,8  |
| I <sub>2(r)</sub>                   | 62,4    | 260,6 | 19,4    |
| I <sub>2</sub> O <sub>5(r)</sub>    | -761,5  | -     | -       |
| H <sub>2</sub> S <sub>(r)</sub>     | -21,0   | 205,1 | -33,8   |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3(p)</sub>   | -635,5  | -29,3 | -485,2  |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub>   | -811,3  | 156,9 | -690,1  |
| N <sub>2(r)</sub>                   | 0       | 191,5 | 0       |
| NH <sub>3(r)</sub>                  | -46,2   | 192,6 | -16,7   |
| NH <sub>4</sub> Cl <sub>(кр)</sub>  | -314,2  | 95,8  | -203,2  |
| NH <sub>4</sub> OH <sub>(p)</sub>   | -98,3   | 167,4 | -23,4   |
| N <sub>2</sub> O <sub>(r)</sub>     | 82,0    | 220,0 | 104,2   |
| NO <sub>(r)</sub>                   | 90,2    | 210,6 | 86,6    |
| NO <sub>2(r)</sub>                  | 33,5    | 240,2 | 51,8    |
| N <sub>2</sub> O <sub>4(r)</sub>    | 11,1    | 304,4 | 99,7    |
| NaOH <sub>(p)</sub>                 | -470,0  | 48,1  | -419,2  |
| NaOH <sub>(кр)</sub>                | -425,6  | 64,2  | -380,4  |
| NaCl <sub>(кр)</sub>                | -410,9  | 70,4  | -384,3  |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3(кр)</sub> | -1131,0 | 136,4 | -1047,5 |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4(кр)</sub> | -1384,6 | 149,4 | -1266,8 |
| O <sub>2(r)</sub>                   | 0       | 205,5 | 0       |
| O <sub>3(r)</sub>                   | 142,3   | 238,8 | 162,8   |
| S <sub>(r)</sub>                    | 0       | 31,9  | 0       |
| SO <sub>2(r)</sub>                  | -296,9  | 248,1 | -300,2  |
| PCl <sub>5(r)</sub>                 | -374,9  | 364,5 | -305,4  |
| PCl <sub>3(r)</sub>                 | -287,0  | 311,7 | -268,0  |
| PbO <sub>(кр)</sub>                 | -219,3  | 66,2  | -189,1  |
| PbO <sub>2(кр)</sub>                | -276,6  | 74,9  | -218,3  |
| Ti <sub>(кр)</sub>                  | 0       | 30,6  | 0       |
| TiO <sub>2(кр)</sub>                | -943,9  | 50,3  | -888,6  |

| 1                     | 2      | 3     | 4      |
|-----------------------|--------|-------|--------|
| ZnO <sub>(кр)</sub>   | -350,6 | 43,6  | -320,7 |
| ZnS <sub>(кр)</sub>   | -205,4 | 57,7  | -200,7 |
| ZnCl <sub>2(кр)</sub> | -415,1 | 111,5 | -369,4 |

## VI КІНЕТИКА ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

1. Що називається швидкістю хімічної реакції? Чи є ці поняття ідентичними відносно гомогенних і гетерогенних реакцій? Перелічіть у порядку зменшення значущості чинники, що впливають на швидкість реакцій. Чому доцільніше розглядати швидкість реакції у даний момент часу?

2. Який фізичний зміст має константа швидкості? Як вона визначається? В якому випадку чисельні значення константи швидкості та швидкості збігаються? Наведіть розмірності та одиниці вимірювання константи швидкості та швидкості реакції.

3. Розрахуйте значення константи швидкості прямої реакції  $N_2O + H_2 = N_2 + H_2O$ , якщо при концентраціях речовин  $[N_2O] = 0,05$  моль/л і  $[H_2] = 0,01$  моль/л швидкість дорівнює  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/л хв.

4. Початкові концентрації речовин у системі  $2H_2S_{(r)} + SO_{2(r)} = 3S_{(r)} + 2H_2O_{(r)}$  були такими, моль/л:  $[SO_2] = 0,04$ ;  $[H_2S] = 0,05$ , а константа швидкості – 0,4. Обчисліть початкову швидкість реакцій, а також її швидкість у той момент часу, коли в системі залишилося 75%  $SO_2$ .

5. Константа швидкості прямої реакції  $2NO + O_2 = 2NO_2$  за деяких умов дорівнює  $2 \cdot 10^{-3}$  л/моль·с. Обчисліть швидкість реакції: а) у початковий момент, якщо концентрації обох вихідних речовин дорівнювали 0,04 моль/л; б) у момент, коли

концентрація продукту реакції стала такою, що дорівнює 0,02 моля/л.

6. У посудині ємністю 0,5 л знаходиться 0,03 моля  $\text{NO}_2$ . Розрахуйте константу швидкості  $k_1$  прямої реакції у системі  $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$ , якщо її швидкість за даних умов дорівнює 1,08 моль/л·с.

7. При певній температурі константа швидкості реакції  $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$  дорівнює 0,16. Вихідні концентрації речовин були такими, моль/л:  $[\text{H}_2]=0,04$ ;  $[\text{I}_2]=0,05$ . Розрахуйте початкову швидкість реакції та її швидкість у момент, коли концентрація водню зменшилася до 0,03 моля/л.

8. Реакція лужного гідролізу естеру проходить згідно із рівнянням



До початку реакції концентрації вихідних речовин були такими, моль/л:  $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]=0,50$ ;  $[\text{KOH}]=0,25$ . Рівновага у системі встановилася, коли концентрація  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  зменшилася до 0,30 моль/л. Запишіть вираз і обчисліть величину константи рівноваги.

9. Реакція проходить згідно із рівнянням  $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$ . Концентрації вихідних речовин до початку реакції були такими, моль/л:  $[\text{N}_2]=0,049$ ;  $[\text{O}_2]=0,010$ . Обчисліть, якими стали концентрації всіх сполук, коли концентрація  $\text{NO}$  набула значення 0,005 моль/л.

10. У деякий момент концентрації речовин у системі  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  були такими, моль/л:  $[\text{N}_2]=0,8$ ;  $[\text{H}_2]=2,5$ ;  $[\text{NH}_3]=0,1$ . Якими стали концентрації сполук, коли прореагувало 75% азоту?

11. Через деякий час після початку реакції каталітичного окиснення амоніаку киснем концентрації речовин у системі були, моль/л:  $[\text{NH}_3]=0,009$ ;  $[\text{O}_2]=0,02$ ;  $[\text{NO}]=0,003$ . Якою була концентрація водяної пари і початкові концентрації амоніаку і кисню?



12. Через деякий час після початку реакції  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$  концентрації речовин були, моль/л:  $[N_2]=0,01$ ;  $[H_2]=0,03$ ;  $[NH_3]=0,008$ . Обчисліть початкові концентрації вихідних речовин.

13. У системі  $CO + Cl_2 = COCl_2$  концентрацію  $CO$  збільшили від 0,03 до 0,12 моля/л, а концентрацію  $Cl_2$  – від 0,02 до 0,06 моль/л. У скільки разів збільшилася швидкість реакції?

14. Через деякий час після початку реакції  $4HCl + O_2 = 2H_2O_{(г)} + 2Cl_2$  концентрації речовин у системі стали такими, моль/л:  $[HCl]=0,85$ ;  $[O_2]=0,44$ ;  $[Cl_2]=0,30$ . Якими були концентрації хлороводню і кисню до початку реакції?

15. При дослідженні швидкості реакції, що відбувається при взаємодії між речовинами А, В і С, встановлено: а) при сталих концентраціях В і С збільшення концентрації А у 2 рази приводить до зростання швидкості реакції у 8 разів; б) якщо у 2 рази збільшити концентрацію В (при сталих концентраціях А і С), то швидкість теж збільшується у 2 рази; в) при сталих концентраціях А і В збільшення концентрації С підвищує швидкість у 4 рази. Складіть кінетичне рівняння для реакції між речовинами А, В і С та сформулюйте правило залежності швидкості хімічної реакції від концентрації реагуючих речовин.

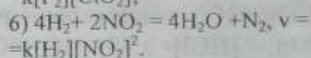
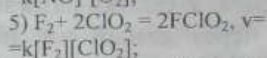
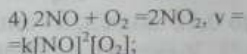
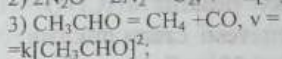
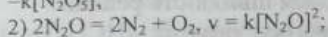
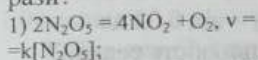
16. У скільки разів необхідно збільшити концентрацію метану  $CH_4$  в системі  $CH_4 + 2Cl_2 = CH_2Cl_2 + 2HCl$ , щоб при зменшенні концентрації хлору  $Cl_2$  в 4 рази швидкість реакції не змінилася?

17. Як та у скільки разів зміниться швидкість реакції  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ , якщо концентрацію  $SO_2$  збільшити, а концентрацію  $O_2$  зменшити у 2 рази?

18. У дві однакові посудини при однаковій температурі помістили гази у такому співвідношенні: у першу – 1 моль А і 2 моля В, у другу – 2 моля А і 1 моль В. Чи будуть відрізнятися швидкості реакцій в обох посудинах, якщо швидкість реакції виражається кінетичним рівнянням: а)  $v_1 = k_1 [A][B]$ ;

$$б) v_1 = k_1 \cdot [A]^2 \cdot [B]; \quad в) v_1 = k_1 \cdot [A] \cdot [B]^2?$$

19. Як зміниться швидкість реакцій, які проходять у газовій фазі, якщо: а) збільшити концентрацію кожної вихідної речовини у 2 рази; б) знизити тиск у системі у 2 рази?



20. При підвищенні температури на  $20^\circ$  швидкість реакції збільшилася у 4 рази. Як зміниться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на  $30^\circ$ , на  $50^\circ$ ; знизити температуру на  $20^\circ$ , на  $40^\circ$ ?

21. На скільки градусів необхідно підвищити температуру, щоб швидкість реакції зросла у 81 разів, якщо температурний коефіцієнт цієї реакції дорівнює 3?

22. При  $20^\circ$  дві реакції проходять з однаковими швидкостями. Яким є співвідношення швидкостей цих реакцій при  $50^\circ$ , якщо температурний коефіцієнт першої реакції дорівнює 2, а другої – 3?

23. При  $100^\circ C$  реакція повністю завершується за 16 хв. Скільки часу необхідно витратити для проведення цієї реакції при  $130^\circ C$ ; при  $80^\circ C$ , якщо температурний коефіцієнт дорівнює 2?

24. При  $10^\circ C$  деяка реакція проходить за 8 год. 32 хв. Скільки часу необхідно витратити для проведення цієї реакції при  $100^\circ C$ ; при  $50^\circ C$ , якщо температурний коефіцієнт дорівнює 2?

25. Чому дорівнює температурний коефіцієнт реакції, яка при  $30^\circ C$  закінчується за 16 хв, а при  $60^\circ C$  – за 2 хв?

26. Яким є температурний коефіцієнт реакції, якщо при зниженні температури від  $80^\circ C$  до  $40^\circ C$  реакція сповільнюється у 256 разів?

27. На основі розрахунків дайте відповідь, чому зміна тиску зміщує рівновагу системи  $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$  і не зміщує рівновагу системи  $N_2 + O_2 \leftrightarrow 2NO$ ? Напишіть вирази константи рівноваги для наведених систем.

28. На основі розрахунків дайте відповідь, чому зміна тиску зміщує рівновагу в системі  $2CO + O_2 \leftrightarrow 2CO_2$  і не зміщує рівновагу в системі  $H_2 + Cl_2 \leftrightarrow 2HCl_{(r)}$ ? Напишіть вирази константи рівноваги для наведених систем.

29. Константа рівноваги у системі  $2NO_2 \leftrightarrow N_2O_4$  дорівнює 0,5 л/моль, а вихідна концентрація  $NO_2$  – 0,5 моль/л. Обчисліть рівноважні концентрації речовин.

30. Константа рівноваги у системі  $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$  дорівнює  $0,1 \text{ л}^2/\text{моль}^2$ , а рівноважні концентрації речовин, моль/л, –  $[H_2]=3$ ;  $[NH_3]=9$ . Обчисліть рівноважну і вихідну концентрації азоту.

31. Рівноважні концентрації речовин у системі  $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$  дорівнюють, моль/л:  $[CO]=3,6$ ;  $[Cl_2]=5,0$ ;  $[COCl_2]=6,4$ . Розрахуйте початкові концентрації вихідних речовин і константу рівноваги.

32. Рівновага у системі  $4HCl + O_2 \leftrightarrow 2H_2O_{(r)} + 2Cl_2$  встановилася при таких концентраціях, моль/л:  $[HCl]=1,1$ ;  $[O_2]=1,6$ ;  $[H_2O]=2,2$ ;  $[Cl_2]=0,8$ . Обчисліть константу рівноваги і початкові концентрації вихідних речовин.

33. Константа рівноваги у системі  $CO_2 + H_2 \leftrightarrow CO + H_2O_{(r)}$  дорівнює 1. Встановіть: а) скільки відсотків  $CO_2$  вступить у реакцію, якщо змішати 1 моль  $CO_2$  і 5 молів  $H_2$ ; б) в якому об'ємному співвідношенні змішані  $CO_2$  і  $H_2$ , якщо до моменту рівноваги прореагувало 90% від початкової кількості водню.

34. Константа рівноваги у системі  $FeO + CO \leftrightarrow Fe + CO_2$  дорівнює 0,5. Розрахуйте рівноважні концентрації  $CO$  і  $CO_2$ , якщо початкові концентрації були такими, моль/л:  $[CO]=0,05$ ;  $[CO_2]=0,01$ .

35. Константа рівноваги у системі  $2\text{HI} \leftrightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2$  дорівнює 0,12. Знайдіть рівноважні концентрації речовин, якщо спочатку було взято 5 моль HI, а ємність реакційної посудини дорівнювала 10 л.

36. Початкові концентрації NO і  $\text{Cl}_2$  у системі  $2\text{NO} + \text{Cl}_2 \leftrightarrow 2\text{NOCl}$  дорівнюють відповідно, моль/л, 0,5 і 0,2. Обчисліть константу рівноваги, якщо до моменту рівноваги прореагувало 20% NO.

37. Рівноважні концентрації у системі  $2\text{NO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO}_2$  дорівнюють, моль/л:  $[\text{NO}] = 0,08$ ;  $[\text{O}_2] = 0,03$ ;  $[\text{NO}_2] = 0,01$ . Розрахуйте константу рівноваги і початкові концентрації NO і  $\text{O}_2$ .

38. Обчисліть константу рівноваги у системі  $2\text{HBr} \leftrightarrow \text{H}_2 + \text{Br}_2$ , якщо початкова маса HBr складала 0,809 г, а до моменту рівноваги у реакцію вступило 5% вихідної речовини.

39. У посудину ємністю 0,5 л помістили 0,5 моля  $\text{H}_2$  і 0,5 моля  $\text{N}_2$ . При певній температурі до моменту рівноваги утворилося 0,02 моля амоніаку  $\text{NH}_3$ . Чому дорівнює константа рівноваги?

40. Для системи  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \leftrightarrow 2\text{HBr}$  за певних умов константа рівноваги дорівнює 1. Визначте склад рівноважної реакційної суміші, якщо спочатку було взято 3 моля  $\text{H}_2$  і 2 моля  $\text{Br}_2$ .

41. Реакція відбувається згідно із рівнянням  $2\text{NO} + \text{Cl}_2 \leftrightarrow 2\text{NOCl} - 73,6 \text{ кДж}$ . Як буде зміщуватися рівновага у системі, якщо загальний тиск зменшити у 2 рази і одночасно підвищити температуру на  $30^\circ$ ? Температурні коефіцієнти прямої та зворотної реакцій дорівнюють відповідно 2 і 3.

42. Складіть рівняння реакцій за участю наведених речовин, напишіть вираз константи рівноваги. Обчисліть тепловий ефект прямої реакції (табл.1) і дайте аргументовану відповідь, у який бік і чому буде зміщуватися рівновага у системі, якщо: а) зменшити температури; б) підвищити загальний тиск у 3 рази; в) збільшити об'єм реакційного



середовища у 2 рази; г) додати у систему одну із вихідних сполук; д) відібрати із реакційного середовища будь-який продукт реакції; е) додати каталізатор.

- 1)  $I_{2(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $I_2O_{5(r)}$ ,  $CO_{(r)}$ ;
- 2)  $C_{(графіт)}$ ,  $N_2O_{(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $N_{2(r)}$ ;
- 3)  $CH_{4(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ,  $O_{2(r)}$ ;
- 4)  $CH_{4(r)}$ ,  $CS_{2(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ,  $H_2S_{(r)}$ ;
- 5)  $CH_{4(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ;
- 6)  $H_2O_{(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $CO_{(r)}$ ;
- 7)  $H_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ,  $CuCO_{3(кп)}$ ,  $Cu$ ,  $CO_{(r)}$ ;
- 8)  $FeO_{(кп)}$ ,  $Fe_3O_{4(кп)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ;
- 9)  $S_{(r)}$ ,  $SO_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ,  $H_2S_{(r)}$ ;
- 10)  $FeO_{(кп)}$ ,  $Fe_3O_{4(кп)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $CO_{(r)}$ ;
- 11)  $H_2O_{(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ,  $NO_{2(r)}$ ,  $N_{2(r)}$ ;
- 12)  $ClO_2F_{(r)}$ ,  $ClO_{2(r)}$ ,  $F_{2(r)}$ ;
- 13)  $H_2O_{(p)}$ ,  $F_{2(r)}$ ,  $HF_{(r)}$ ,  $O_{3(r)}$ ;
- 14)  $NO_{(r)}$ ,  $NH_{3(r)}$ ,  $O_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ;
- 15)  $O_{2(r)}$ ,  $H_2S_{(r)}$ ,  $S_{(r)}$ ,  $SO_{2(r)}$ ;
- 16)  $H_2O_{(r)}$ ,  $O_{2(r)}$ ,  $N_{2(r)}$ ,  $NH_{3(r)}$ ;
- 17)  $PbO_{(кп)}$ ,  $PbO_{2(кп)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $CO_{(r)}$ ;
- 18)  $H_2SO_{3(p)}$ ,  $SO_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ;
- 19)  $FeO_{(кп)}$ ,  $H_2O_{(p)}$ ,  $FeBr_{2(кп)}$ ,  $HBr_{(p)}$ ;
- 20)  $HCl_{(r)}$ ,  $Cl_{2(r)}$ ,  $CH_{4(r)}$ ,  $CCl_{4(p)}$ ;
- 21)  $Cl_{2(r)}$ ,  $S_{(r)}$ ,  $HCl_{(r)}$ ,  $H_2S_{(r)}$ ;
- 22)  $PbO_{(кп)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ,  $PbO_{2(кп)}$ ;
- 23)  $H_2O_{(r)}$ ,  $HCl_{(r)}$ ,  $ClO_{2(r)}$ ,  $Cl_{2(r)}$ ;
- 24)  $SO_{2(r)}$ ,  $CS_{2(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $O_{2(r)}$ ;
- 25)  $H_2O_{(r)}$ ,  $N_2O_{4(r)}$ ,  $NO_{(r)}$ ,  $H_{2(r)}$ ;
- 26)  $NH_4OH_{(p)}$ ,  $NH_{3(r)}$ ,  $H_2O_{(p)}$ ;
- 27)  $NO_{(r)}$ ,  $Cl_{2(r)}$ ,  $NOCl_{(r)}$ ;
- 28)  $CS_{2(r)}$ ,  $S_{(r)}$ ,  $SO_{2(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ;
- 29)  $C_2H_{6(r)}$ ,  $C_2H_{2(r)}$ ;
- 30)  $C_2H_{2(r)}$ ,  $CO_{2(r)}$ ,  $H_2O_{(r)}$ ,  $O_{2(r)}$ .



## VII ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ

### VII.1 ЙОННІ РЕАКЦІЇ ОБМІНУ

1. Напишіть молекулярні та йонні рівняння таких реакцій:  
 а) розчинення у соляній кислоті сполук  $ZnS$  і  $Zn(OH)_2$ ;  
 б) розчинення у сірчаній кислоті  $Fe(OH)_3$  і  $FeS$ ;  
 в) нейтралізація гідроксидом натрію слабких кислот  $HNO_2$  і  $H_2SiO_3$ ; г) дія гідроксиду барію на розчини солей  $MgSO_4$  і  $Na_2CO_3$ ; д) розчинення у гідроксиді калію амфотерних основ  $Be(OH)_2$  і  $Cr(OH)_3$ .

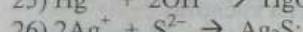
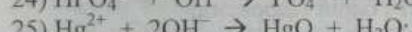
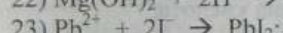
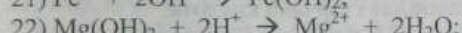
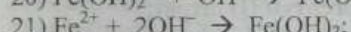
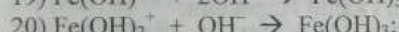
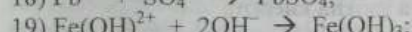
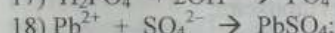
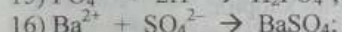
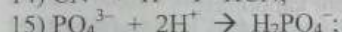
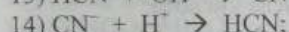
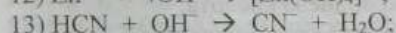
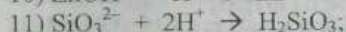
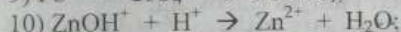
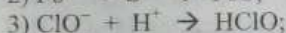
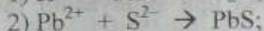
2. Змішують попарно розчини таких речовин: а)  $Na_3PO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $K_2S$ ; б)  $Hg(NO_3)_2$ ,  $(NH_4)_2S$ ,  $FeSO_4$ ,  $K_3PO_4$ ;  
 в)  $Na_2SiO_3$ ,  $AgNO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $MgSO_4$  – у кожному наборі всього по шість можливих варіантів. Для тих випадків, коли буде відбуватися взаємодія, напишіть молекулярні та йонні рівняння реакцій.

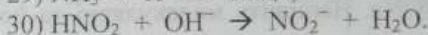
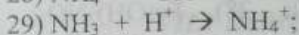
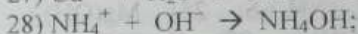
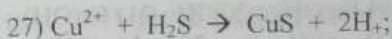
3. Надлишком розчину гідроксиду калію  $KOH$  подіяли на розчин (чи суспензію) кожної із таких речовин: 1)  $H_2S$ ;  
 2)  $FeCl_3$ ; 3)  $Al(OH)_3$ ; 4)  $KHCO_3$ ; 5)  $H_3PO_4$ ; 6)  $NiSO_4$ ;  
 7)  $Be(OH)_2$ ; 8)  $MgSO_4$ ; 9)  $Pb(OH)_2$ ; 10)  $Hg(NO_3)_2$ ; 11)  $AgNO_3$ ;  
 12)  $ZnCl_2$ ; 13)  $Cr_2(SO_4)_2$ ; 14)  $KH_2PO_4$ ; 15)  $NH_4Cl$ ;  
 16)  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ ; 17)  $Pb(NO_3)_2$ ; 18)  $Na_2HPO_4$ ; 19)  $Al(OH)Cl_2$ ;  
 20)  $Cd(NO_3)_2$ ; 21)  $H_2SiO_3$ ; 22)  $KAl(SO_4)_2$ ; 23)  $MnCl_2$ ;  
 24)  $CH_3COOH$ ; 25)  $(CH_3COO)Ag$ ; 26)  $CrCl_2$ ; 27)  $CrCl_3$ ;  
 28)  $FeCl_2$ ; 29)  $[Fe(OH)_2]_2SO_4$ ; 30)  $NH_4HCO_3$ . Напишіть молекулярні та йонні рівняння реакцій.

4. Надлишок сірчаної кислоти додали до розчину (чи суспензії) кожної із таких речовин: 1)  $KH_2PO_4$ ; 2)  $Pb(OH)_2$ ;  
 3)  $(CH_3COO)Ag$ ; 4)  $Al(OH)Cl_2$ ; 5)  $Hg(NO_3)_2$ ; 6)  $[Fe(OH)_2]_2SO_4$ ;  
 7)  $K_3PO_4$ ; 8)  $Na_2CO_3$ ; 9)  $Al(OH)_3$ ; 10)  $NH_4HCO_3$ ; 11)  $Na_2HPO_4$ ;  
 12)  $Be(OH)_2$ ; 13)  $K_2SiO_3$ ; 14)  $FeS$ ; 15)  $NaNO_2$ ; 16)  $MgS$ ;

17)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; 18)  $\text{AgNO}_3$ ; 19)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ; 20)  $\text{KF}$ ; 21)  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ; 22)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ; 23)  $\text{BaCl}_2$ ; 24)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ; 25)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; 26)  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ; 27)  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ ; 28)  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ ; 29)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ; 30)  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Напишіть молекулярні та йонні рівняння реакцій.

5. Наведіть по два приклади молекулярних рівнянь реакцій, які відповідають таким скороченим йонним рівнянням:





6. Чим пояснюється можливість проходження обмінних реакцій у розчинах? Назвіть ознаки необоротних йонних реакцій, зазначте умови утворення кислот і основ із солей. Складіть молекулярні, розгорнуті та скорочені йонні рівняння реакцій, що відбуваються у розчинах при змішуванні таких речовин:

- 1) натрій сульфід та плюмбум(II) нітрат;
- 2) кальцій карбонат та соляна кислота;
- 3) амоній сульфід та ферум(II) сульфат;
- 4) калій силікат та соляна кислота;
- 5) кадмій хлорид та калій сульфід;
- 6) гідроксид алюмінію та гідроксид натрію;
- 7) натрій гідрокарбонат і натрій гідроксид;
- 8) калій йодид та плюмбум(II) нітрат;
- 9) купрум(II) сульфат і натрій сульфід;
- 10) цинк хлорид і сірководнева кислота;
- 11) калій сульфід та хлороводнева кислота;
- 12) магній сульфат та натрій карбонат;
- 13) аргентум (I) нітрат і калій хлорид;
- 14) берилій гідроксид та калій гідроксид;
- 15) амоній хлорид та барій гідроксид;
- 16) барій карбонат та азотна кислота;
- 17) ферум (III) хлорид і калій гідроксид;
- 18) алюміній хлорид та аргентум (I) нітрат;
- 19) калій гідрокарбонат і сірчана кислота;
- 20) алюміній гідроксид та сірчана кислота;
- 21) натрій фосфат та кальцій хлорид;
- 22) кобальт(II) нітрат і барій гідроксид;
- 23) ферум(III) гідроксид і азотна кислота;
- 24) ферум(II) сульфід і соляна кислота;

- 25) нікол (II) сульфат і амоній сульфід;
- 26) калій тетрагідроксоцинкат і соляна кислота;
- 27) натрій гідроксид та сірчана кислота;
- 28) кремнієва кислота і калій гідроксид;
- 29) барій хлорид та аргентум (I) ацетат;
- 30) плумбум(II) гідроксид і натрій гідроксид.

7. Складіть молекулярні, розгорнуті та скорочені йонні рівняння для ланцюжка перетворень:

- 1)  $Zn \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow ZnO$ ;
- 2)  $Cu(OH)_2 \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4$ ;
- 3)  $H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 \rightarrow BaO \rightarrow Ba(OH)_2 \rightarrow BaCl_2$ ;
- 4)  $Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow FeO \rightarrow FeSO_4 \rightarrow FeCl_2$ ;
- 5)  $BeCl_2 \rightarrow Be(OH)_2 \rightarrow BeO \rightarrow Na_2[Be(OH)_4] \rightarrow Be(NO_3)_2$ ;
- 6)  $ZnO \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] \rightarrow ZnS \rightarrow Zn(NO_3)_2$ ;
- 7)  $AgNO_3 \rightarrow HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb(OH)_2 \rightarrow PbSO_4$ ;
- 8)  $Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 \rightarrow Fe(OH)_3$ ;
- 9)  $Al(CH_3COO)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Na_3[Al(OH)_6] \rightarrow AlCl_3$ ;
- 10)  $Cd(NO_3)_2 \rightarrow Cd(OH)_2 \rightarrow CdSO_4 \rightarrow CdCl_2 \rightarrow HCl$ ;
- 11)  $MgCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3$ ;
- 12)  $HgCl_2 \rightarrow HgO \rightarrow HgCl_2 \rightarrow Hg(NO_3)_2 \rightarrow HgSO_4$ ;
- 13)  $CuCl_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow CuS \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow Cu(OH)_2$ ;
- 14)  $Bi(NO_3)_3 \rightarrow Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3 \rightarrow Bi(NO_3)_3 \rightarrow Bi_2(CO_3)_3$ ;
- 15)  $MnSO_4 \rightarrow MnCl_2 \rightarrow MnI_2 \rightarrow Mn(NO_3)_2 \rightarrow Mn(OH)_2$ ;
- 16)  $BaO \rightarrow Ba(OH)_2 \rightarrow BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \rightarrow BaO$ ;
- 17)  $HCl \rightarrow CaCl_2 \rightarrow CaSO_4 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$ ;
- 18)  $AgNO_3 \rightarrow Ag_2O \rightarrow AgNO_3 \rightarrow HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3$ ;
- 19)  $(NH_4)_2S \rightarrow H_2S \rightarrow K_2S \rightarrow CuS \rightarrow Cu(NO_3)_2$ ;
- 20)  $Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow CaSO_4 \rightarrow CaO$ ;
- 21)  $MgCl_2 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow MgSO_4$ ;
- 22)  $AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Na[Al(OH)_4] \rightarrow AlPO_4$ ;
- 23)  $Sr(NO_3)_2 \rightarrow Sr(OH)_2 \rightarrow SrCl_2 \rightarrow SrSO_4 \rightarrow SrO$ ;
- 24)  $MgSO_4 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(NO_3)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2$ ;
- 25)  $(NH_4)_2CO_3 \rightarrow NH_4HCO_3 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4OH \rightarrow (NH_4)_3PO_4$ ;
- 26)  $CaCl_2 \rightarrow HCl \rightarrow HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$ ;



- 27)  $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaOH}$ ;  
 28)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ;  
 29)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ;  
 30)  $\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{S} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ .

## VII.2 КОНЦЕНТРАЦІЯ РОЗЧИНІВ

1. Розрахуйте масову частку речовини у розчині, одержаному при розчиненні: а) 10 г речовини у 50 г води; б) 50 г речовини у 50 г води; в) 44 г речовини у 6 г води.

2. Скільки грамів солі та води необхідно взяти, щоб приготувати: а) 400 г 20% розчину; б) 5 г 10% розчину; в) 350 г 70% розчину; г) 2 кг 0,1% розчину?

3. Якою буде масова частка у розчині, який містить одну й ту саму розчинену речовину, якщо змішати: а) 30 г 10% розчину і 10 г 30% розчину; б) 40 г 10% розчину і 40 г 90% розчину; в) 50 г 0,1% розчину і 50 г 1% розчину; г) 2 кг 12% розчину і 1 кг 88% розчину?

4. Чому дорівнює масова частка у розчині, що був утворений при розчиненні 10 г цукру в 70 г води? Як зміниться масова частка, якщо: а) долити до вихідного розчину 20г, 80г, 920г води; б) додати до вихідного розчину 20г, 80г, 140г цукру; в) довести масу вихідного розчину шляхом випарювання до 64г, 40г, 16г?

5. Обчисліть масу речовини, яка необхідна для приготування: а) 200мл 0,1М розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; б) 300мл 0,2М розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; в) 500мл 0,5М розчину  $\text{NaNO}_3$ ; г) 750мл 0,25М розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

6. В якій масі води необхідно розчинити 6,72л (н.у.) газів  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  і  $\text{NH}_3$ , щоб відповідно одержати: а) 10% розчин соляної кислоти; б) 1,2% розчин сірководневої кислоти; в) 4% розчин сірчистої кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; г) 30% розчин гідроксиду амонію  $\text{NH}_4\text{OH}$ ?



7. Скільки літрів (н.у)  $\text{SO}_2$  і  $\text{NH}_3$  необхідно розчинити у воді, щоб одержати відповідно 200г 12% розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  і 300г 2% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ? Розрахуйте, якими повинні бути об'єми  $\text{SO}_2$  і  $\text{NH}_3$ , щоб при їх додатковому розчиненні в одержаних розчинах масові частки збільшилися до 20%  $\text{NH}_4\text{OH}$  і 3,4%  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

8. Яку масу 20% розчину  $\text{NaNO}_3$  слід додати до 180г 40% розчину  $\text{NaNO}_3$ , щоб одержати 25% розчин?

9. Обчисліть масову частку азотної кислоти, якщо відомо, що у 2л її розчину ( $\rho=1,12\text{г/мл}$ ) міститься 441г  $\text{HNO}_3$ .

10. Скільки води необхідно долити до 100мл 20% розчину ( $\rho=1,14\text{г/мл}$ ) сірчаної кислоти, щоб масова частка зменшилася до 5%?

11. Як зміниться масова частка, якщо до 300 мл 32% розчину  $\text{HNO}_3$  ( $\rho=1,20\text{г/мл}$ ) долити 200 мл води? Якими є молярності вихідного і одержаного розчинів?

12. До якого об'єму слід розвести 300мл 30% розчину  $\text{HCl}$  ( $\rho=1,15\text{г/мл}$ ), щоб одержати 5% розчин соляної кислоти ( $\rho=1,03\text{г/мл}$ )?

13. Який об'єм 96% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho=1,84\text{г/мл}$ ) необхідно взяти для приготування 2л 0,5М розчину сірчаної кислоти?

14. Розрахуйте молярну концентрацію речовини у розчині, якщо: а) густина 60% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  становить  $\rho=1,50\text{г/мл}$ ; б) густина 20% розчину  $\text{HCl}$  становить  $\rho=1,10\text{г/мл}$ ; в) густина 10% розчину  $\text{NaOH}$  становить  $\rho=1,11\text{г/мл}$ ; г) густина 9% розчину цукру  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  становить  $\rho=1,035\text{г/мл}$ .

15. Який об'єм розчину концентрації 0,5моль/л можна приготувати із: а) 15мл 2,5М розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; б) 75мл 0,75М розчину  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; в) 120мл 1,2М розчину  $\text{KOH}$ ?

16. До 1л 10% розчину  $\text{KOH}$  ( $\rho=1,092\text{г/мл}$ ) додали 0,5л 5% розчину  $\text{KOH}$  ( $\rho=1,045\text{г/мл}$ ). Суміш розвели водою до 3л. Обчисліть молярну концентрацію і масову частку речовини в одержаному розчині.

17. Обчисліть масову частку речовини у розчині, одержаному при розчиненні кристалогідратів: а) 25г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  у 200г води; б) 2,66г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  у 57,14г води; в) 208,5г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  у 1291,5г води; г) 240г  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  у 760г води; д) 24,8г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  у 84,2г води.

18. Розрахуйте маси кристалогідратів: а) бури  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  для приготування 200г 4% розчину тетраборату натрію  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ; б) солі Мора  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  для приготування 200мл 0,5М розчину  $\text{FeSO}_4$ ; в) глауберової солі  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  для приготування 2л 0,25М розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; г) алюмокалієвих галунів  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  для приготування 3,5л 0,2М розчину  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ?

19. Які маси 5% розчину  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  і кристалогідрату  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  необхідно взяти для приготування 450г 18% розчину  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ?

20. Скільки грамів цинкового купоросу  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  необхідно додати до 300г 5% розчину  $\text{ZnSO}_4$ , щоб масова частка  $\text{ZnSO}_4$  у розчині зросла до 12%?

21. До якого об'єму слід розвести водою розчин, що був приготований із 25г мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , щоб молярність  $\text{CuSO}_4$  складала 0,5М?

22. Обчисліть кількість речовини  $\text{HCl}$ , що міститься у 5мл 5н розчину соляної кислоти густиною  $\rho = 1,09\text{г/мл}$ , а також молярну і відсоткову концентрації цього розчину.

23. Яку масу  $\text{KOH}$  необхідно взяти для приготування 2л 15% розчину густиною  $\rho = 1,14\text{г/мл}$ ?

24. Скільки грамів сірчаного ангідриду  $\text{SO}_3$  необхідно розчинити у 200г 96,4% розчину сірчаної кислоти, щоб одержати 20% олеум  $\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ ?

25. Визначте молярну концентрацію та масову частку водного розчину етанолу густиною  $\rho = 0,92\text{г/мл}$ , який утворився внаслідок змішування 0,5л 40% розчину

( $\rho=0,94\text{г/мл}$ )  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  і 1,5л 60% розчину ( $\rho=0,90\text{г/мл}$ )  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

26. До 100мл 96% розчину ( $\rho=1,84\text{г/мл}$ ) сірчаної кислоти додали 400 мл води і отримали розчин густиною  $\rho=1,225\text{г/мл}$ . Обчисліть молярну, нормальну і моляльну концентрацію одержаного розчину, а також масову частку.

27. Розрахуйте нормальність і титр 18% розчину  $\text{KOH}$  густиною  $\rho=1,17\text{г/мл}$ .

28. Який об'єм 96% розчину ( $\rho=1,84\text{г/мл}$ ) сірчаної кислоти необхідно взяти для приготування 3л 0,4н розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?

29. Яку наважку карбонату кальцію можна повністю розчинити у 35мл 20% розчину ( $\rho=1,1\text{г/мл}$ ) соляної кислоти?

30. Які об'єми води і концентрованої сірчаної кислоти ( $\rho=1,84\text{г/мл}$ ) необхідно взяти для приготування 8л акумуляторної кислоти густиною  $\rho=1,280\text{г/мл}$ ?

31. До 780 мл 20% розчину ( $\rho=1,22\text{г/мл}$ ) гідроксиду натрію додали 140мл 10% розчину ( $\rho=1,1\text{г/мл}$ ). Обчисліть нормальну концентрацію одержаного розчину і масову частку речовини в ньому.

32. Є два розчини: в 1л першого міститься 18,9 г азотної кислоти, а в 1л другого – 3,2г гідроксиду натрію. В якому об'ємному співвідношенні необхідно змішати ці розчини, щоб відбулася повна нейтралізація?

33. Розшифруйте такі позначення:

1) 2% розчин  $\text{KCl}$ ;

2) 0,7М розчин  $\text{NaNO}_3$ ;

3) 1,4н розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

4) 0,6m розчин  $\text{FeCl}_3$ ;

5)  $T(\text{NaOH})=0,0004\text{г/мл}$ ;

6) 0,1н розчин  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ;

7) 10% розчин  $\text{KOH}$ ;

8) 1,5m розчин  $\text{HNO}_3$ ;

9) 1М розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

10)  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4)=0,5$ ;

11)  $T(\text{HCl}) = 0,0365 \text{ г/мл}$ ;

12)  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 15\%$ ;

13) 4m розчин  $\text{ZnSO}_4$ ;

14) 0,2n розчин  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ;

15) 0,2M розчин  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;

16)  $\omega(\text{MgSO}_4) = 0,15$ .

34. Розрахуйте молярність, нормальність і моляльність розчиненої речовини у таких розчинах:

1) 15% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною 1,105г/мл;

2) 20% розчину  $\text{NaOH}$  густиною 1,22г/мл;

3) 16,5% розчину  $\text{HCl}$  густиною 1,08г/мл;

4) 39% розчину  $\text{HNO}_3$  густиною 1,24г/мл;

5) 50,5% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною 1,40г/мл;

6) 4% розчину  $\text{H}_3\text{PO}_4$  густиною 1,02г/мл;

7) 11% розчину  $\text{KOH}$  густиною 1,10г/мл;

8) 54% розчину  $\text{KI}$  густиною 1,64г/мл;

9) 16% розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  густиною 1,17г/мл;

10) 60% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною 1,50г/мл;

11) 30,45% розчину  $\text{HClO}_4$  густиною 1,21г/мл;

12) 21% розчину  $\text{H}_3\text{PO}_4$  густиною 1,12г/мл;

13) 5% розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  густиною 1,05г/мл;

14) 30% розчину  $\text{KOH}$  густиною 1,29г/мл;

15) 20% розчину  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  густиною 1,20г/мл;

16) 96% розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною 1,84г/мл.

35. Обчисліть відсоткову концентрацію ( $\omega, \%$ ) розчиненої речовини:

1) 0,94M розчину  $\text{HCl}$  густиною 1,05г/мл;

2) 1,34n розчину густиною 1,16г/мл;

3) 14M розчину  $\text{HNO}_3$  густиною 1,385г/мл;

4) 4n розчину  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  густиною 1,21г/мл;

5) 6n розчину  $\text{KOH}$  густиною 1,255г/мл;

6) 10M розчину  $\text{NaOH}$  густиною 1,33г/мл;

7) 1,55M розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  густиною 1,15г/мл;

8) 0,72n розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  густиною 1,14г/мл.



### VII.3 РОЗРАХУНКИ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИН У ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЯХ

1. Знайдіть масову частку речовини у розчині, що утворився при розчиненні 1,2г ВаО у 50мл води. Якими стануть масові частки речовин у розчині, що утвориться після додавання до вихідного розчину 10мл 12% розчину ( $\rho=1,08\text{г/мл}$ ) сірчаної кислоти та відділення осаду?

2. У 50 мл 20% розчину ( $\rho=1,1\text{г/мл}$ ) соляної кислоти розчинили 6,5г цинкових ошурок. Обчисліть об'єм газу, що виділився внаслідок взаємодії, та масові частки речовин у розчині після реакції.

3. Через 40мл 20% розчину ( $\rho=1,22\text{г/мл}$ ) гідроксиду натрію пропустили 4,48 л (н.у.)  $\text{NO}_2$ . Розрахуйте масові частки всіх речовин у розчині після завершення реакції.

4. Якими будуть масові частки речовин після відділення осаду у розчині, що утворився внаслідок змішування 120мл 10% розчину ( $\rho=1,05\text{г/мл}$ ) соляної кислоти і 200мл 0,5М розчину ( $\rho=1,1\text{г/мл}$ ) аргентум(I) нітрату?

5. Обчисліть масові частки речовин після відділення осаду у розчині, що утворився внаслідок взаємодії між 600мл 1,2М розчину ( $\rho=1,05\text{г/мл}$ ) КОН і 300г 12% розчину ферум(III) хлориду.

6. На 57,2 г кристалічної соди  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  подіяли 300мл 1,6М розчину ( $\rho=1,025\text{г/мл}$ ) соляної кислоти. Розрахуйте об'єм газу, що виділився внаслідок взаємодії, та масові частки речовин у розчині після реакції.

7. Прокип'ятили 8 г сірки у 300мл 12% розчину ( $\rho=1,113\text{г/мл}$ ) натрій гідроксиду. Встановіть масові частки солей  $\text{Na}_2\text{S}$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , що утворилися.

8. Для добування гексафторокремнієвої кислоти  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  8,4г кремнію розчинили у суміші, що складалася із 30,7мл 60% розчину ( $\rho=1,367\text{г/мл}$ ) азотної кислоти  $\text{HNO}_3$  і 150мл 30% розчину ( $\rho=1,102\text{г/мл}$ ) плавикової кислоти HF.



Обчисліть масові частки речовин у розчині після виділення нітроген(II) оксиду NO.

9. У 300г 20% розчину соляної кислоти розчинили 14,4г карбіду алюмінію  $Al_4C_3$ . Обчисліть масові частки речовин у розчині після повного виділення метану  $CH_4$ .

10. Розрахуйте молярну концентрацію NaOH у розчині, одержаному при розчиненні 31,2г  $Na_2O_2$  у 75,2мл води, якщо густина розчину  $\rho=1,35$ г/мл.

11. До 107г 20% розчину амоній хлориду долили 150 г 18% розчину натрій гідроксиду і прокип'ятили. Обчисліть масові частки речовин у розчині, що утворився після повного виділення амоніаку.

12. До 45,5мл 24% розчину ( $\rho=1,2$ г/мл) амоній нітрату долили 80г 10% розчину калій гідроксиду і прокип'ятили. Обчисліть масові частки речовин у розчині, що утворився після повного виділення амоніаку.

13. До 100мл 10,6% розчину ( $\rho=1,05$ г/мл) хлориду кальцію додали 30мл 38,6% розчину ( $\rho=1,22$ г/мл) питної соди  $NaHCO_3$ . Якими будуть масові частки речовин у розчині після відділення осаду?

14. Обчисліть масові частки речовин у розчині, який утворився внаслідок взаємодії між речовинами, що знаходилися у 50мл 8% розчину ( $\rho=1,1$ г/мл) купрум(II) сульфату і 130г 3,4% розчину натрій сульфід.

15. При розчиненні 1,3г цинку в 252г 10% азотної кислоти виділився нітроген(I) оксид. Які речовини та в якій кількості (мас. частки) залишилися у розчині?

16. У 40мл 30% розчину ( $\rho=1,18$ г/мл) азотної кислоти розчинили 5г карбонату кальцію. Розрахуйте масові частки речовин у розчині після повного виділення  $CO_2$ .

17. До 19,4г розчину калій хромату  $K_2CrO_4$  додали 62,4г 10% розчину барій хлориду  $BaCl_2$ . При цьому утворилося 5,06г жовтого осаду барій хромату. Обчисліть масові частки:

а)  $K_2CrO_4$  у вихідному розчині; б) речовин у розчині після відділення осаду.

18. Змішали 200мл 20% розчину ( $\rho=1,2\text{г/мл}$ ) кальцій хлориду і 150г 10% розчину магній сульфату. Якими будуть масові частки речовин у розчині після відділення осаду?

19. У 50г 15% розчину соляної кислоти розчинили 4,56г технічного ферум(II) сульфід, що містить нерозчинні домішки. Виділилося 1,12л (н.у.) газу. Скільки домішок було у вихідному зразку? Розрахуйте масові частки речовин у розчині після повного виділення  $H_2S$ .

20. На нейтралізацію 50мл кислоти витрачено 25мл 0,5н розчину лугу. Чому дорівнює нормальність кислоти?

21. Для нейтралізації 31мл 0,16н розчину  $KOH$  необхідно 217мл розчину  $H_2SO_4$ . Чому дорівнюють нормальність і титр сірчаної кислоти?

22. Який об'єм 0,3н розчину соляної кислоти необхідно взяти для повної нейтралізації 40мл розчину, в якому міститься 0,32г  $NaOH$ ?

23. На нейтралізацію 1л розчину, що містить 1,4г  $KOH$ , витрачено 50мл азотної кислоти. Обчисліть нормальності розчинів лугу і кислоти.

24. Яка маса  $HCl$  містилася у розчині соляної кислоти, якщо на його нейтралізацію витрачено 35мл 0,4н розчину  $NaOH$ ? Чому дорівнює титр  $NaOH$ ?

25. До 200г 20% розчину гідроксиду натрію додали 294г 50% розчину фосфорної кислоти. Обчисліть масові частки речовин у розчині після завершення реакції.

26. На 8,4г питної соди  $NaHCO_3$  подіяли 100мл 20% розчину ( $\rho=1,12\text{г/мл}$ ) азотної кислоти. Розрахуйте масові частки речовин у розчині після повного виділення  $CO_2$ .

27. До 90мл 12,5% розчину ( $\rho=1,12\text{г/мл}$ ) барій хлориду додали 85,2г розчину, що містить еквімолекулярну кількість  $Na_2SO_4$ . Обчисліть масову частку  $Na_2SO_4$  у цьому розчині, а

також масові частки речовин у кінцевому розчині після відділення осаду.

29. Змішали 300мл 1,4М розчину ( $\rho=1,12\text{г/мл}$ )  $\text{CaCl}_2$  і 200мл 9% розчину ( $\rho=1,09\text{г/мл}$ )  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Які речовини містяться у розчині після відділення осаду та які їх масові частки ( $\omega, \%$ )?

30. Плюмбум(II) оксид масою 11,15г розчинили у 26,7мл 30% розчину ( $\rho=1,2\text{г/мл}$ ) азотної кислоти. Обчисліть масові частки речовин у розчині після завершення реакції.

31. Обчисліть масову частку  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , що утворився у розчині внаслідок нейтралізації 160мл 3% ( $\rho=1,02\text{г/мл}$ ) сірчаної кислоти еквімолекулярною кількістю газоподібного амоніаку.

32. На реакцію з 0,8765г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  витрачено 24,2мл сірчаної кислоти. Обчисліть молярну концентрацію  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

33. Для нейтралізації 40мл розчину  $\text{KOH}$  витрачено 24мл 0,5М розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Якою є молярна концентрація розчину лугу? Які об'єми 0,5М розчинів таких кислот:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  необхідно було б витратити на цю реакцію?

34. На реакцію з 10мл розчину  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  витрачено 45мл 0,02М розчину  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Знайдіть молярну концентрацію  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  у вихідному розчині та масу осаду, що утворився.

35. Є розчин, в 1л якого міститься 18,9г  $\text{HNO}_3$ , і розчин, в 1л якого міститься 3,2г  $\text{NaOH}$ . У якому об'ємному співвідношенні необхідно змішати ці розчини, щоб відбулася повна нейтралізація?

36. Який об'єм 10% розчину ( $\rho=1,07\text{г/мл}$ )  $\text{H}_2\text{SO}_4$  необхідно взяти для повної нейтралізації: а) 100мл розчину, що містить 16  $\text{NaOH}$ ; б) 3,5г  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; в) 15мл 30% розчину ( $\rho=1,33\text{г/мл}$ )  $\text{NaOH}$ ; г) 5,6г  $\text{KOH}$ ?

37. Який об'єм 0,5М розчину соляної кислоти необхідний для повного осадження у вигляді  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  всієї міді, що міститься у 15мл 2,4М розчину  $\text{CuSO}_4$ ?

38. Розрахуйте об'єм 8% розчину ( $\rho=1,06\text{г/мл}$ )  $\text{HCl}$ , який необхідно витратити для повного розчинення: а)  $6,54\text{г Zn}$ ; б)  $1,59\text{г Na}_2\text{CO}_3$ ; в)  $3,6\text{ г CaS}$ . Якими будуть масові частки у розчинах, що при цьому утворюються?

39. До  $250\text{мл}$   $0,1\text{M}$  розчину магній нітрату додали  $194\text{мл}$   $4,3\%$  розчину ( $\rho=1,03\text{г/мл}$ ) барій гідроксиду. Визначте нормальну концентрацію речовин у кінцевому розчині після відділення осаду.

40. Для нейтралізації  $20\text{мл}$  розчину, в якому міститься суміш кислот  $\text{HCl}$  і  $\text{HBr}$ , витрачено  $5\text{мл}$   $0,4\text{н}$  розчину  $\text{NaOH}$ , а при дії на таку саму кількість вихідного розчину аргентум(I) нітратом  $\text{AgNO}_3$  випало  $0,3315\text{г}$  осаду. Обчисліть молярні концентрації  $\text{HCl}$  і  $\text{HBr}$  у вихідному розчині.

#### VII. 4 КОЛІГАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ

1. Обчисліть осмотичний тиск при температурі  $0^\circ\text{C}$  розчину, в  $0,5\text{л}$  якого міститься  $9,2\text{г}$  гліцерину  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ?

2. Визначте відносну молекулярну масу неелектроліту, якщо відомо, що розчин, в  $250\text{мл}$  якого міститься  $1\text{г}$  цього неелектроліту, має осмотичний тиск  $51\text{кПа}$ .

3. Діетиловий етер кипить при  $35,0^\circ\text{C}$ , а розчин, одержаний при розчиненні  $80\text{г}$  нафталіну  $\text{C}_{10}\text{H}_8$  у  $200\text{г}$  етеру, – при  $35,7^\circ\text{C}$ . Обчисліть ебуліоскопічну сталу етеру.

4. Температура кипіння розчину, одержаного при розчиненні  $1,8\text{г}$  сірки у  $21,0\text{г}$  бензену, на  $0,86^\circ\text{C}$  вище, ніж температура кипіння чистого бензену, ебуліоскопічна стала якого дорівнює  $2,57^\circ$ . Скільки атомів входить до складу молекули сірки  $\text{S}_x$ ?



5. Обчисліть температуру кристалізації розчину, одержаного при розчиненні 60г фруктози  $C_6H_{12}O_6$  у 200г води. Кріоскопічна стала для води дорівнює  $1,86^\circ$ .

4. Тиск чистої насиченої водяної пари при  $100^\circ C$  дорівнює 101325Па. Яким буде тиск насиченої водяної пари над 7,5% розчином сечовини  $CO(NH_2)_2$  при цій температурі?

5. Тиск насиченої пари деякого етеру при певній температурі дорівнює 86393Па. Яку кількість речовини необхідно розчинити у 40молях етеру, щоб знизити тиск його насиченої пари на 1333Па при даній температурі?

6. Температура кипіння сірковуглецю  $46,20^\circ C$ , а ебуліоскопічна стала 2,36град. Розчин, одержаний при розчиненні 1,5г сірки у 24,0г сірковуглецю, кипить при  $46,78^\circ C$ . Із якої кількості атомів складається молекула сірки  $S_x$ , що розчинена у сірковуглеці?

7. Розчин, одержаний при розчиненні 2,36г гліцерину  $C_3H_5(OH)_3$  у 100г ацетону, кипить при  $56,74^\circ C$ , а чистий ацетон – при  $56,30^\circ C$ . Розрахуйте ебуліоскопічну сталу ацетону.

8. Якою буде температура кристалізації 96% розчину етилового спирту  $C_2H_5OH$  у воді, якщо кріоскопічна стала для води дорівнює  $1,86^\circ$ ?

9. При розчиненні 3,75г хлороформу в 100г етеру, ебуліоскопічна константа якого дорівнює  $2,12^\circ$ , температура кипіння підвищилася на  $0,516^\circ C$ . Знайдіть відносну молекулярну масу хлороформу.

10. Водний розчин, одержаний при розчиненні 10г деякого неелектроліту в 200г води, кристалізується при  $1,55^\circ C$ . Обчисліть молярну масу речовини, якщо кріоскопічна стала для води дорівнює  $1,86^\circ$ .

11. Температура кристалізації оцтової кислоти дорівнює  $16,65^\circ C$ , а її кріоскопічна стала –  $3,9^\circ$ . Розрахуйте температуру кристалізації розчину, одержаного при розчиненні 0,1моля неелектроліту в 125г оцтової кислоти.



12. Тиск насиченої пари водного розчину неелектроліту при певній температурі дорівнює 14000Па. Скільки молів води припадає на 1моль розчиненої речовини у такому розчині, якщо тиск водяної пари за цих умов 47375Па?

13. Розчин, одержаний при розчиненні 0.6г неелектроліту в 40г етеру, кипить при  $36,13^{\circ}\text{C}$ , а температура кипіння чистого етеру  $35,60^{\circ}\text{C}$ . Якою є молярна маса розчиненого неелектроліту, якщо ебуліоскопічна стала етеру дорівнює  $2,12^{\circ}$ ?

14. Тиск насиченої чистої водяної пари за певних умов дорівнює 12344Па. Обчисліть тиск насиченої водяної пари над розчином, що складається із 50г етиленгліколю  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  і 900г води.

15. Для приготування антифризу бл гліцерину  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  (густина  $\rho=1,26\text{г/мл}$ ) розчинили у 20л води. При якій температурі буде замерзати одержаний розчин, якщо кріоскопічна стала для води дорівнює  $1,86^{\circ}$ ?

16. Яку масу етиленгліколю  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  необхідно змішати з 3л води, щоб температура кристалізації одержаного розчину знизилася до  $-15^{\circ}\text{C}$ ? Кріоскопічна стала для води дорівнює  $1,86^{\circ}$ .

17. Чому дорівнює осмотичний тиск розчину, у 100мл якого міститься 0,31г аніліну  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ , при  $21^{\circ}\text{C}$ ?

18. Розрахуйте осмотичний тиск розчину, в 4л якого міститься 90г глюкози  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , при температурі  $25^{\circ}\text{C}$ .

19. Рівні об'єми розчинів формаліну  $\text{HCHO}$  і гліцерину  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  при деякій температурі мають однаковий осмотичний тиск. Яким є масове співвідношення цих речовин?

20. Тиск насиченої чистої водяної пари при певній температурі дорівнює 25003Па. Яким буде тиск насиченої водяної пари над розчином, одержаним при розчиненні 8,55г цукру  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  у 100г води при тій самій температурі?

21. Тиск насиченої пари над чистим етером при певній температурі дорівнює 648мм рт.ст. Яку кількість речовини неелектроліту необхідно розчинити у 10 молях етеру, щоб знизити тиск пари на 10 мм рт.ст. при даній температурі?

22. При певній температурі тиск насиченої пари над чистим етером дорівнює 86400кПа, а тиск насиченої пари етеру над розчином, одержаним внаслідок розчинення 3,09г неелектроліту в 370г етеру, – 85800кПа. Обчисліть молярну масу неелектроліту.

23. Який осмотичний тиск буде виявляти при температурі 127<sup>0</sup>С розчин, у 500мл якого міститься 68г цукру C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>?

24. Обчисліть ізотонічний коефіцієнт розчину сильного електроліту за такими даними: осмотичний тиск 0,1н розчину ZnSO<sub>4</sub> при 0<sup>0</sup>С дорівнює 1,59·10<sup>5</sup>Па.

25. Тиск насиченої водяної пари над розчином, одержаним при розчиненні 24,8г КСl у 100г води, при 100<sup>0</sup>С дорівнює 9,14·10<sup>5</sup>Па, а тиск чистої водяної пари за цих умов – 1,01325·10<sup>5</sup>Па. Обчисліть ізотонічний коефіцієнт розчину КСl.

26. Розчин, одержаний при розчиненні 8г NaOH у 1000г води, кипить при 100,184<sup>0</sup>С. Обчисліть ізотонічний коефіцієнт цього розчину, якщо ебуліоскопічна стала для води дорівнює 0,516<sup>0</sup>.

27. Скільки грамів гліцерину C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>(OH)<sub>3</sub> необхідно змішати із 100г води, щоб одержаний розчин закипів при 101<sup>0</sup>С? Ебуліоскопічна стала для води дорівнює 0,52<sup>0</sup>.

28. Тиск насиченої пари над чистим етиловим спиртом C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH при певній температурі дорівнює 7,22кПа, а тиск насиченої пари за тих самих умов над 8% розчином деякого неелектроліту в етиловому спирті – 7,02кПа. Обчисліть молярну масу неелектроліту.

29. Розрахуйте тиск насиченої пари розчинника при 100<sup>0</sup>С над розчином, одержаним при розчиненні 12г сечовини CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> у 180г води.

30. Обчисліть молярну масу аніліну, якщо його 1% розчин із густиною приблизно 1г/мл при 0°C має осмотичний тиск 244кПа.

31. Чи на однакову величину знижують температуру кристалізації розчинів неелектроліти і сильні електроліти? Для відповіді обчисліть температуру замерзання розчинів, в яких на 1000 г води припадає по 1молю таких речовин:

а) цукор  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ; б) формальдегід  $HCHO$ ; в) хлорид натрію  $NaCl$ ; г) сульфат алюмінію  $Al_2(SO_4)_3$ . Кріоскопічна стала для води дорівнює  $1,86^\circ$ .

### **VII.5 ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ. СТУПІНЬ І КОНСТАНТА ДИСОЦІАЦІЇ. ЙОННИЙ ДОБУТОК ВОДИ, pH РОЗЧИНІВ**

Для розв'язування завдань цього розділу наведені довідникові дані щодо значень констант дисоціації окремих речовин (табл.2).

1. Розмістіть у порядку зменшення електричної провідності 0,1М розчини таких речовин: оцтова кислота, хлорид кальцію, глюкоза, хлорид натрію. Відповідь аргументуйте.

2. Поясніть, чому розчин хлороводню у бензені на відміну від водного розчину  $HCl$  не проводить електричний струм і не взаємодіє з цинком.

3. Які з перелічених речовин і чому проводять електричний струм у рідкому чи розчиненому стані:

а) абсолютний етиловий спирт; б) розведена азотна кислота; в) рідкий фтороводень; г) 100% сірчана кислота; д) водний

розчин фтороводню; е) дистильована вода; ж) водний розчин повареної солі; з) водний розчин цукру?

4. Складіть рівняння дисоціації солей, назвіть катіони і аніони та зазначте тип кожної солі: 1)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 2)  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ ; 3)  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ; 4)  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ; 5)  $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2$ ; 6)  $\text{CaCl}_2$ ; 7)  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ; 8)  $\text{CaCl}_2\cdot\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ; 9)  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ; 10)  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ ; 11)  $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ ; 12)  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ; 13)  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ ; 14)  $\text{K}_2\text{HAsO}_4$ ; 15)  $\text{Cu}(\text{HSO}_4)_2$ ; 16)  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ ; 17)  $\text{NaHCO}_3$ ; 18)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ; 19)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ; 20)  $(\text{FeOH})_2\text{SO}_4$ ; 21)  $\text{Ba}[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ; 22)  $\text{TiOSO}_4$ ; 23)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; 24)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ; 25)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; 26)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ; 27)  $\text{NaH}_2\text{PO}_3$ ; 28)  $(\text{AlOH})\text{SO}_4$ ; 29)  $\text{NaH}_2\text{AsO}_4$ ; 30)  $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al}$ .

4. Перелічіть найважливіші ознаки класу кислот. Напишіть рівняння дисоціації та вираз константи дисоціації, а також зазначте основність таких кислот: 1)  $\text{H}_3\text{PO}_2$ ; 2)  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ; 3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; 4)  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ; 5)  $\text{H}_5\text{IO}_6$ ; 6)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; 7)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; 8)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 9)  $\text{H}_2\text{S}$ ; 10)  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; 11)  $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ; 12)  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ; 13)  $\text{HReO}_4$ ; 14)  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ; 15)  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ; 16)  $\text{HBrO}_3$ ; 17)  $\text{HClO}$ ; 18)  $\text{HNO}_3$ ; 19)  $\text{HNO}_2$ ; 20)  $\text{HCN}$ ; 21)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ; 22)  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ; 23)  $\text{HClO}_4$ ; 24)  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ; 25)  $\text{H}_4\text{TiO}_4$ ; 26)  $\text{HSbO}_3$ ; 27)  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ; 28)  $\text{HClO}_3$ ; 29)  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ; 30)  $\text{H}_2\text{Te}$ .

5. Перелічіть найважливіші ознаки класу основ. Зазначте особливості амфотерних основ. Напишіть рівняння дисоціації та вираз константи дисоціації, а також кислотність таких гідроксидів: 1)  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; 2)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ; 3)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ; 4)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; 5)  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ; 6)  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ; 7)  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ ; 8)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; 9)  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ; 10)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ; 11)  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ; 12)  $\text{Co}(\text{OH})_3$ ; 13)  $\text{Co}(\text{OH})_2$ ; 14)  $\text{Pt}(\text{OH})_2$ ; 15)  $\text{Ni}(\text{OH})_3$ ; 16)  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ; 17)  $\text{CuOH}$ ; 18)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; 19)  $\text{Pd}(\text{OH})_2$ ; 20)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ; 21)  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ; 22)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 23)  $\text{NaOH}$ ; 24)  $\text{CsOH}$ ; 25)  $\text{As}(\text{OH})_3$ ; 26)  $\text{TlOH}$ ; 27)  $\text{Tl}(\text{OH})_3$ ; 28)  $\text{Ga}(\text{OH})_3$ ; 29)  $\text{Ir}(\text{OH})_4$ ; 30)  $\text{Cu}(\text{OH})_3$ .

6. Виходячи із будови центрального атома, розмістіть у порядку зростання кислотних властивостей такі кислоти:



а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ; б)  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ; в)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$ ; г)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{TeO}_3$ ; д)  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{HSbO}_3$ .  
Перевірте правильність відповіді за даними табл.2.

7. Виходячи із положення елементів у періодичній системі та будови атомів, порівняйте за силою основ такі гідроксиди:  
а)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  і  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; б)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  і  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  і  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ; г)  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  і  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ; д)  $\text{NaOH}$  і  $\text{CsOH}$ .  
Перевірте правильність відповіді за даними табл.2.

Таблиця 2 – Константи дисоціації електролітів у водних розчинах

| Речовина                 | Константа  | Речовина                         | Константа  |
|--------------------------|--|----------------------------------|--|
| $\text{HNO}_2$           | $K=4,8 \cdot 10^{-4}$  | $\text{HNO}_3$                   | $K=43,6$   |
| $\text{H}_2\text{CO}_3$  | $K_1=4,4 \cdot 10^{-7}$<br>$K_2=4,7 \cdot 10^{-11}$                            | $\text{H}_2\text{SiO}_3$         | $K_1=2,2 \cdot 10^{-10}$<br>$K_2=1,6 \cdot 10^{-12}$                             |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$  | $K_1=10^{-3}$<br>$K_2=1,2 \cdot 10^{-2}$                                       | $\text{H}_2\text{SO}_3$          | $K_1=1,6 \cdot 10^{-2}$<br>$K_2=6,3 \cdot 10^{-8}$                               |
| $\text{H}_2\text{S}$     | $K_1=6 \cdot 10^{-8}$<br>$K_2=1 \cdot 10^{-14}$                                | $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ | $K_1=1 \cdot 10^{-4}$<br>$K_2=1 \cdot 10^{-9}$                                   |
| $\text{H}_3\text{PO}_4$  | $K_1=7,5 \cdot 10^{-3}$<br>$K_2=6,3 \cdot 10^{-8}$<br>$K_3=3,2 \cdot 10^{-12}$ | $\text{H}_3\text{BO}_3$          | $K_1=5,3 \cdot 10^{-10}$<br>$K_2=1,8 \cdot 10^{-13}$<br>$K_3=1,6 \cdot 10^{-14}$ |
| $\text{H}_2\text{SeO}_3$ | $K_1=3,5 \cdot 10^{-3}$<br>$K_2=5 \cdot 10^{-8}$                               | $\text{H}_2\text{Se}$            | $K_1=1,7 \cdot 10^{-4}$<br>$K_2=1 \cdot 10^{-11}$                                |
| $\text{H}_2\text{TeO}_3$ | $K_1=3 \cdot 10^{-3}$<br>$K_2=2 \cdot 10^{-8}$                                 | $\text{H}_2\text{Te}$            | $K_1=1 \cdot 10^{-3}$<br>$K_2=1 \cdot 10^{-11}$                                  |
| $\text{HCN}$             | $K=7,9 \cdot 10^{-10}$   | $\text{HI}$                      | $K=1 \cdot 10^{11}$  |
| $\text{HBr}$             | $K=1 \cdot 10^9$   | $\text{HBrO}$                    | $K=2,1 \cdot 10^{-9}$  |
| $\text{HF}$              | $K=6,6 \cdot 10^{-4}$  | $\text{HCl}$                     | $K=1 \cdot 10$   |
| $\text{HClO}$            | $K=5 \cdot 10^{-8}$  | $\text{HClO}_4$                  | $K_1=10^8$   |
| $\text{H}_2\text{CrO}_4$ | $K_2=3,16 \cdot 10^{-7}$   | $\text{HMnO}_4$                  | $K=2 \cdot 10^2$   |
| $\text{CH}_3\text{COOH}$ | $K=1,8 \cdot 10^{-5}$  | $\text{HCOOH}$                   | $K=1,8 \cdot 10^{-4}$  |
| $\text{Al}(\text{OH})_3$ | $K_3=1,4 \cdot 10^{-11}$   | $\text{Cd}(\text{OH})_2$         | $K_2=5 \cdot 10^{-3}$  |
| $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | $K_3=1,35 \cdot 10^{-12}$  | $\text{Mn}(\text{OH})_2$         | $K_2=5 \cdot 10^{-4}$  |
| $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | $K_2=3,4 \cdot 10^{-7}$  | $\text{NH}_4\text{OH}$           | $K=1,8 \cdot 10^{-5}$  |
| $\text{NaOH}$            | $K=5,9$  | $\text{Ga}(\text{OH})_3$         | $K_3=4 \cdot 10^{-12}$   |
| $\text{Cr}(\text{OH})_3$ | $K_3=1,02 \cdot 10^{-10}$  | $\text{Zn}(\text{OH})_2$         | $K_2=4 \cdot 10^{-5}$  |



8. При розчиненні у воді 0,01 моля оцтової кислоти  $\text{CH}_3\text{COOH}$  20% розчинених молекул розпалося на йони. Обчисліть кількість недисоційованих молекул, а також кількості аніонів і катіонів.

9. В одному літрі 0,01M розчину оцтової кислоти  $\text{CH}_3\text{COOH}$  міститься  $6,26 \cdot 10^{21}$  її молекул та йонів. Розрахуйте ступінь дисоціації оцтової кислоти в цьому розчині.

10. Знайдіть ступінь дисоціації азотистої кислоти  $\text{HNO}_2$  в 1M розчині, якщо відомо, що в 1мл такого розчину міститься  $6,15 \cdot 10^{20}$  частинок (молекул та йонів) розчиненої речовини.

11. Скільки молекул та йонів розчиненої речовини міститься в 1мл 0,1M розчину фтороводневої кислоти  $\text{HF}$ , якщо ступінь дисоціації в цьому розчині  $\alpha=15\%$ ?

12. У розчині фтороводневої кислоти міститься 0,2г йонів Гідрогену  $\text{H}^+$  і 1,8 моля недисоційованих молекул  $\text{HF}$ . Яким є ступінь дисоціації  $\text{HF}$  у розчині?

13. У розчині одноосновної кислоти міститься 0,001г йонів Гідрогену  $\text{H}^+$  і 0,1 моля недисоційованих молекул. Обчисліть ступінь дисоціації кислоти в цьому розчині.

14. Як залежить величина ступеня дисоціації від концентрації розчину? Відповідь підтвердіть розрахунками ступеня дисоціації  $\alpha$  синильної кислоти  $\text{HCN}$  у розчинах таких концентрацій, моль/л: а) 1; б) 0,1; в) 0,01; г) 0,001.

15. Ступінь дисоціації двоосновної кислоти  $\text{H}_2\text{An}$  за першим ступенем у 0,1M розчині дорівнює 0,211%. Обчисліть константу дисоціації кислоти  $\text{H}_2\text{An}$ .

16. Чому дорівнює ступінь дисоціації: а) хлорнуватистої кислоти  $\text{HClO}$  в 0,2M розчині; б) масляної кислоти  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$  в 0,005M розчині, якщо константа дисоціації масляної кислоти становить  $1,5 \cdot 10^{-5}$ ?

17. Ступінь дисоціації мурашиної кислоти  $\text{HCOOH}$  в 0,2M розчині дорівнює 3%. Обчисліть константу дисоціації  $\text{HCOOH}$ .

18. При якій концентрації розчину ступінь дисоціації:

а) азотистої кислоти  $\text{HNO}_2$  буде дорівнювати 20%;

б) бромнуватистої кислоти  $\text{HBrO}$  буде дорівнювати 0,2%?

19. Скільки мл води необхідно додати до 300мл 0,2M розчину оцтової кислоти  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , щоб її ступінь дисоціації збільшився у 2 рази?

20. У скільки разів збільшиться ступінь дисоціації амоній гідроксиду, якщо до 200мл 0,1M розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  додати 800мл води?

21. Якими є концентрація йонів Гідрогену  $\text{H}^+$  і pH у розчині: а) мурашиної кислоти  $\text{HCOOH}$ , якщо ступінь дисоціації  $\text{HCOOH}$  в цьому розчині  $\alpha=2\%$ ; б) сірчистої кислоти концентрації 0,02моль/л? При розрахунках дисоціацією  $\text{H}_2\text{SO}_3$  за другим ступенем знехтувати.

22. Обчисліть концентрації йонів  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSe}^-$ ,  $\text{Se}^{2-}$  і недисоційованих молекул  $\text{H}_2\text{Se}$  в 0,05M розчині селеноводневої кислоти.

23. Ступінь дисоціації в 0,1M розчині хлороводневої кислоти  $\text{HCl}$  дорівнює 90%. Розрахуйте: а) масу йонів Гідрогену  $\text{H}^+$  у 2л цього розчину; б) кількість речовини недисоційованої  $\text{HCl}$  у 5л розчину.

24. Скільки грамів  $\text{KNO}_3$  розпалося на йони в 1л 1M розчину, якщо  $\alpha=70\%$ ?

25. Обчисліть молярну концентрацію  $\text{FeCl}_3$  у розчині, якщо відомо, що в 1л міститься 0,6 моля йонів хлору  $\text{Cl}^-$ .

26. Розрахуйте концентрації йонів барію  $\text{Ba}^{2+}$  і хлору  $\text{Cl}^-$  в 0,05M розчині  $\text{BaCl}_2$ , якщо  $\alpha=72\%$ .

27. Вважаючи, що солі дисоціюють повністю, обчисліть концентрації: а) йонів  $\text{NO}_3^-$  в 0,05M розчинах  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ; б) йонів  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  в 0,01M розчині  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ; в) йонів  $\text{Na}^+$  в 0,1M розчинах  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  і  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; г) йонів  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  в 0,025M розчині  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ .

28. У 500мл розчину міститься 1,17г  $\text{NaCl}$ . Обчисліть концентрації йонів у розчині.

29. У 200мл розчину міститься 0,0662г  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Обчисліть концентрації йонів  $\text{Pb}^{2+}$  і  $\text{NO}_3^-$  у розчині.

30. Ступінь дисоціації  $\text{H}_3\text{PO}_4$  у 0,1М розчині дорівнює 17%. Нехтуючи дисоціацією фосфорної кислоти за другим і третім ступенем, обчисліть рН розчину.

31. Доведіть, що розчин, в 1л якого міститься 0,6 моля  $\text{CuSO}_4$ , 0,25моль  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  і 0,35моль  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , тотожний розчину що містить в 1л 0,85моля  $\text{CuSO}_4$ , 0,5моля  $\text{KNO}_3$  і 0,1моля  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

32. Ступені дисоціації в 0,01М, 0,1М і 1М розчинах соляної кислоти дорівнюють відповідно 98%, 92% і 78%. На основі необхідних розрахунків встановіть, чи є константа дисоціації сильних електролітів сталою величиною.

33. Як приготувати розчин, в 1л якого міститься 0,5моля  $\text{NaCl}$ , 0,16моля  $\text{KCl}$  і 0,24моля  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , маючи у своєму розпорядженні тільки  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?

34. Обчисліть концентрації йонів магнію та хлору в 20% розчині  $\text{MgCl}_2$  ( $\rho=1,16\text{г/мл}$ ), якщо ступінь дисоціації  $\alpha=54\%$ .

35. Розрахуйте концентрацію  $\text{CuSO}_4$  у розчині, в якому концентрація йонів купруму(II) дорівнює 0,02моль/л, а ступінь дисоціації – 40%.

36. Розрахуйте концентрацію  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у розчині, в якому концентрація йонів натрію дорівнює 0,644г/л, а ступінь дисоціації – 70%.

37. Якими є концентрації йонів у 0,52М розчині  $\text{KClO}_3$ , якщо  $\alpha=75\%$ ?

38. Обчисліть концентрацію  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  у розчині, в якому концентрація йонів  $\text{NO}_3^-$  дорівнює 0,16моль/л, а ступінь дисоціації – 64%.

39. В 0,1М розчині ступінь дисоціації оцтової кислоти дорівнює 1,32%. При якій концентрації  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $\alpha$  зросте до 92%? Якими будуть значення рН у початковому і кінцевому розчинах?

40. Чому дорівнює концентрація іонів  $H^+$  і pH розчину, який утворюється, якщо 5г 98% розчину  $H_2SO_4$  ( $\rho=1,84\text{г/л}$ ) розвести водою до 5л?

41. У 10л розчину міститься 1г NaOH. Обчисліть концентрацію гідроксильних іонів і pH розчину.

42. Розрахуйте ступінь дисоціації та pH у розчинах таких кислот: а)  $H_3BO_3$  концентрації 0,01моль/л; б)  $H_2B_4O_7$  концентрації 0,0125моль/л; в)  $H_2SiO_3$  концентрації 0,0025моль/л; г)  $H_2CrO_4$  концентрації 0,1моль/л; д)  $H_2TeO_3$  концентрації 0,05моль/л.

43. Ступінь дисоціації в 0,1М розчині  $NH_4OH$  дорівнює 1,3%. Скільки молекул та іонів міститься у 0,5л такого розчину? Чому дорівнює його pH?

44. В якому із розчинів:  $NH_4OH$  чи  $NH_4Cl$  за умов однакової концентрації вміст іонів  $NH_4^+$  буде більшим? Чому?

45. Визначте константу дисоціації одноосновної кислоти, якщо у розчині концентрації 0,08моль/л  $pH=2,4$ .

## ***VII.6 РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН. ДОБУТОК РОЗЧИННОСТІ***

1. При  $25^\circ\text{C}$  у 50г води може максимально розчинитися 18,0г NaCl. Чому дорівнює розчинність натрій хлориду при  $25^\circ\text{C}$ ? Якою є масова частка NaCl у насиченому розчині?

2. При  $20^\circ\text{C}$  у 500г води може максимально розчинитися 80,5г  $Na_2SO_4$ . Чому дорівнює розчинність натрій сульфату при  $20^\circ\text{C}$ ? Якою є масова частка  $Na_2SO_4$  у насиченому розчині?

3. Розчинність калій гідрогенсульфату при  $100^\circ\text{C}$  дорівнює 113,6г. Обчисліть масу води, яку необхідно взяти для розчинення 80,0г  $KHSO_4$  при цій температурі. Якою є масова частка  $KHSO_4$  у насиченому розчині?



4. При  $30^{\circ}\text{C}$  масова частка  $\text{NaNO}_3$  у насиченому розчині дорівнює 40%. Якою є розчинність  $\text{NaNO}_3$  при  $30^{\circ}\text{C}$ ? Скільки води необхідно для розчинення 160г натрій нітрату?

5. Розчинність плюмбум(II) нітрату при  $100^{\circ}\text{C}$  дорівнює 127,3г. Скільки грамів  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  можна розчинити при зазначеній температурі у 250мл води?

6. Розчинність барій хлориду при  $60^{\circ}\text{C}$  складає 46,4г. Обчисліть його масову частку в насиченому розчині. Яку масу кристалогідрату  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  можна розчинити у 240мл води при зазначеній температурі?

7. Розчинність кадмій хлориду при  $20^{\circ}\text{C}$  дорівнює 114,1г. Розрахуйте масову частку  $\text{CdCl}_2$  у насиченому розчині при  $20^{\circ}\text{C}$ .

8. Розчинність купрум(II) сульфату при  $30^{\circ}\text{C}$  дорівнює 25,0г. Чи буде за таких умов 18% розчин  $\text{CuSO}_4$  насиченим?

9. Який об'єм води необхідно взяти для розчинення 47г сулеми  $\text{HgCl}_2$  при  $20^{\circ}\text{C}$ , якщо її розчинність складає 23,5г? Якою є масова частка  $\text{HgCl}_2$  у насиченому розчині?

10. При  $15^{\circ}\text{C}$  у 200г води максимально розчиняється 70,0г амоній хлориду. Обчисліть масову частку  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  у насиченому розчині та його коефіцієнт розчинності при  $15^{\circ}\text{C}$ .

11. Масова частка купрум(II) хлориду  $\text{CuCl}_2$  у насиченому розчині при  $20^{\circ}\text{C}$  дорівнює 42,7%. Яке значення має коефіцієнт розчинності  $\text{CuCl}_2$  при даній температурі?

12. Які маси води і гідроксиду натрію необхідні для приготування 50г насиченого при  $20^{\circ}\text{C}$  розчину  $\text{NaOH}$ , якщо його розчинність дорівнює 108,7г?

13. Скільки грамів  $\text{NaOH}$  не розчиниться, якщо 50г гідроксиду натрію розмішувати у 40мл води? Якою буде масова частка одержаного розчину? Коефіцієнт розчинності  $\text{NaOH}$  дорівнює 108,7г.

14. За умов підвищеної температури приготували 600г 40% розчину калій дихромату  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Яка маса кристалічного  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  випаде в осад після охолодження



розчину до  $20^{\circ}\text{C}$ , якщо масова частка  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  у насиченому розчині при зазначеній температурі дорівнює 11,1%? Розрахуйте розчинність калій дихромату при  $20^{\circ}\text{C}$ .

15. За умов підвищеної температури приготували 800г 30% розчину натрій сульфату. Яка маса кристалогідрату  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  випаде в осад після охолодження розчину до  $20^{\circ}\text{C}$ , якщо масова частка  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у насиченому розчині при зазначеній температурі дорівнює 16,1%? Розрахуйте розчинність  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при  $20^{\circ}\text{C}$ .

16. Внаслідок охолодження до певної температури із 400г 20% розчину випало в осад 50г кристалічної речовини. Обчисліть масову частку речовини та її коефіцієнт розчинності в охолодженому розчині.

17. У 200г розчину, насиченого при  $60^{\circ}\text{C}$ , міститься 164г аргентум(I) нітрату  $\text{AgNO}_3$ . Після охолодження розчину до  $10^{\circ}\text{C}$  в осад випало 101,7г твердого  $\text{AgNO}_3$ . Обчисліть коефіцієнти розчинності  $\text{AgNO}_3$  при  $60^{\circ}\text{C}$  і  $10^{\circ}\text{C}$ .

18. У 500г води при нагріванні розчинили 300г амоній хлориду  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Яка маса солі  $\text{NH}_4\text{Cl}$  випаде в осад із одержаного розчину при його охолодженні до  $50^{\circ}\text{C}$ , якщо розчинність  $\text{NH}_4\text{Cl}$  при даній температурі складає 50г?

19. Розчинності калій хлорату  $\text{KClO}_3$  при  $70^{\circ}\text{C}$  і  $30^{\circ}\text{C}$  відповідно дорівнюють 30,2г і 10,1г. Яка маса  $\text{KClO}_3$  випаде в осад із 150г розчину, насиченого при  $70^{\circ}\text{C}$ , після його охолодження до  $30^{\circ}\text{C}$ ?

20. Внаслідок охолодження від  $30^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  500г насиченого розчину амоній броміду  $\text{NH}_4\text{Br}$  в осад випало 61,4г твердого  $\text{NH}_4\text{Br}$ . Розчинність  $\text{NH}_4\text{Br}$  при  $30^{\circ}\text{C}$  дорівнює 81,8г. Обчисліть розчинність  $\text{NH}_4\text{Br}$  при  $0^{\circ}\text{C}$ .

21. Яка маса калій нітрату  $\text{KNO}_3$  випаде в осад із 200г насиченого при  $60^{\circ}\text{C}$  розчину після його охолодження до  $0^{\circ}\text{C}$ ? Розчинності  $\text{KNO}_3$  при  $60^{\circ}\text{C}$  і  $0^{\circ}\text{C}$  дорівнюють відповідно 110,0г і 13,0г. Як зміниться масова частка солі внаслідок охолодження розчину?

22. Коефіцієнти розчинності натрій фториду  $\text{NaF}$  при  $0^\circ\text{C}$  і  $40^\circ\text{C}$  дорівнюють відповідно 4,1г і 4,5г. Яку масу насиченого при  $40^\circ\text{C}$  розчину  $\text{NaF}$  необхідно взяти, щоб після його охолодження до  $0^\circ\text{C}$  випало в осад 4г фториду натрію? Якими є масові частки  $\text{NaF}$  в насичених розчинах при зазначених температурах?

23. До 100г насиченого при  $20^\circ\text{C}$  розчину аргентум(I) нітрату додали 67,3г сухої солі  $\text{AgNO}_3$  та нагріли суміш при постійному перемішуванні до  $60^\circ\text{C}$ . Чи є одержаний розчин насиченим, якщо коефіцієнти розчинності  $\text{AgNO}_3$  при  $20^\circ\text{C}$  і  $60^\circ\text{C}$  становлять відповідно 229,5г і 455г? Обчисліть масові частки  $\text{AgNO}_3$  у вихідному і одержаному розчинах.

24. До 100г розчину деякої солі, насиченого при  $50^\circ\text{C}$ , долили 400г розчину цієї самої солі, насиченого при  $0^\circ\text{C}$ , і довели температуру до  $50^\circ\text{C}$ . Коефіцієнти розчинності солі при  $50^\circ\text{C}$  і  $0^\circ\text{C}$  дорівнюють відповідно 35г і 8г. Обчисліть масові частки солі у вихідних і кінцевому розчинах.

25. До 200г розчину деякої солі, насиченого при  $70^\circ\text{C}$ , додали 300г розчину цієї самої солі, насиченого при  $20^\circ\text{C}$ . Одержаний розчин охолодили до температури  $0^\circ\text{C}$ . Розрахуйте масу осаду, що випав внаслідок охолодження, якщо коефіцієнти розчинності солі при  $70^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$  і  $0^\circ\text{C}$  дорівнюють відповідно 116г, 41г і 20г. Якими є масові частки солі у насичених розчинах за умов кожної зазначеної температури?

26. Масова частка купрум(II) сульфату в насиченому при  $30^\circ\text{C}$  розчині дорівнює 20%. Яким є коефіцієнт розчинності  $\text{CuSO}_4$  при цій температурі? Скільки грамів солі  $\text{CuSO}_4$  випаде в осад після охолодження розчину до  $0^\circ\text{C}$ , якщо при  $0^\circ\text{C}$   $\gamma=12\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$ ?

27. Розчинність купрум(II) хлориду при  $20^\circ\text{C}$  дорівнює 74,5г. Обчисліть масову частку  $\text{CuCl}_2$  у насиченому при такій температурі розчині. Яка маса солі  $\text{CuCl}_2$  випаде в осад із 100г

насиченого при  $20^{\circ}\text{C}$  розчину після його охолодження до  $0^{\circ}\text{C}$ , якщо при  $0^{\circ}\text{C}$   $\gamma=32,3\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$ .

28. До  $200\text{г}$  розчину деякої солі, насиченого при  $20^{\circ}\text{C}$ , додали  $105\text{г}$  сухої солі та нагріли до  $80^{\circ}\text{C}$  при постійному перемішуванні. Чи буде одержаний розчин насиченим, якщо коефіцієнти розчинності цієї солі при  $20^{\circ}\text{C}$  і  $80^{\circ}\text{C}$  відповідно дорівнюють  $14\text{г}$  і  $75\text{г}$ ? Якими є масові частки солі у насичених розчинах при зазначених температурах?

29. Розчинності натрій хлориду при  $100^{\circ}\text{C}$  і  $10^{\circ}\text{C}$  відповідно дорівнюють  $39,8\text{г}$  і  $35,8\text{г}$ . Яка маса  $\text{NaCl}$  викристалізується із  $500\text{г}$  насиченого при  $100^{\circ}\text{C}$  розчину після його охолодження до  $10^{\circ}\text{C}$ ? Якими є масові частки  $\text{NaCl}$  при зазначених температурах?

30. Змішали  $300\text{г}$  розчину калій дихромату  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , насиченого при  $20^{\circ}\text{C}$ , і  $200\text{г}$  розчину цієї самої солі, насиченого при  $90^{\circ}\text{C}$ . Одержаний розчин має температуру  $40^{\circ}\text{C}$ . Яка маса осаду  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  при цьому утворилася? Обчисліть масові частки  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  у насичених розчинах при всіх зазначених температурах. Коефіцієнти розчинності  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  при  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$  і  $90^{\circ}\text{C}$  відповідно дорівнюють  $12,5\text{г}$ ,  $26,0\text{г}$  і  $83,2\text{г}$ .

31. Коефіцієнти розчинності солі при  $70^{\circ}\text{C}$  і  $30^{\circ}\text{C}$  відповідно дорівнюють  $25,0\text{г}$  і  $7,8\text{г}$ . Скільки грамів сухої солі необхідно додати до  $125\text{г}$  розчину цієї солі, насиченого при  $30^{\circ}\text{C}$ , щоб після нагрівання його до  $70^{\circ}\text{C}$  одержати насичений розчин? Розрахуйте масові частки солі у насичених розчинах при  $70^{\circ}\text{C}$  і  $30^{\circ}\text{C}$ .

32. Масова частка аргентум(I) нітрату  $\text{AgNO}_3$  у насиченому розчині при  $60^{\circ}\text{C}$  дорівнює  $82\%$ . Після охолодження  $140\text{г}$  такого розчину від  $60^{\circ}\text{C}$  до  $20^{\circ}\text{C}$  випало в осад  $71,2\text{г}$  солі  $\text{AgNO}_3$ . Обчисліть коефіцієнти розчинності  $\text{AgNO}_3$  при зазначених температурах.

33. У  $50\text{г}$  води при  $30^{\circ}\text{C}$  може розчинитися  $40,9\text{г}$  амоній бромід  $\text{NH}_4\text{Br}$ . Після охолодження  $300\text{г}$  насиченого при  $30^{\circ}\text{C}$

розчину до  $0^{\circ}\text{C}$  випадає в осад 36,8г  $\text{NH}_4\text{Br}$ . Обчисліть коефіцієнти розчинності  $\text{NH}_4\text{Br}$  при зазначених температурах.

34. У 100л води за н.у. може розчинитися 6,985г кисню. Розрахуйте об'ємну розчинність  $\text{O}_2$  (кількість літрів  $\text{O}_2$  на 1л  $\text{H}_2\text{O}$ ).

35. Розчинність азоту  $\text{N}_2$  у воді за н.у. складає 0,0154л на 1л  $\text{H}_2\text{O}$ . Який об'єм води необхідний для розчинення 1кг азоту, що перебуває під тиском 5атм?

36. Вуглекислий газ знаходиться у балоні ємністю 25л при  $15^{\circ}\text{C}$  під тиском 15атм. Обчисліть об'єм води, в якому можна розчинити цей газ за н.у., якщо розчинність  $\text{CO}_2$  за н.у. дорівнює 1,7л  $\text{CO}_2/1\text{лH}_2\text{O}$ .

37. При  $20^{\circ}\text{C}$  в 1л води розчиняється 702л амоніаку  $\text{NH}_3$ . Розрахуйте масову частку амоній гідроксиду  $\text{NH}_4\text{OH}$ , що утворюється у насиченому розчині.

38. За н.у. в 1л води розчиняється 1,71л вуглекислого газу. Як необхідно змінити тиск, щоб при  $0^{\circ}\text{C}$  розчинність  $\text{CO}_2$  складала 16г  $\text{CO}_2/1\text{лH}_2\text{O}$ ?

39. За н.у. в 1л води розчиняється 4,62л сірководню  $\text{H}_2\text{S}$ . Під яким тиском необхідно розчинити цей газ, щоб одержати 5% розчин сірководневої кислоти  $\text{H}_2\text{S}$ ?

40. Якої концентрації можна одержати вугільну кислоту за н.у. внаслідок розчинення вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  у воді, якщо його розчинність дорівнює 1,7л $\text{CO}_2/1\text{лH}_2\text{O}$ ?

41. Нагріли 40г насиченого при  $0^{\circ}\text{C}$  розчину соляної кислоти  $\text{HCl}$  до температури  $50^{\circ}\text{C}$ . Розрахуйте масу одержаного розчину і масову частку  $\text{HCl}$  в ньому, якщо відомо, що за н.у. в 100г води розчиняється 59,6г хлороводню, а при  $50^{\circ}\text{C}$  і 1атм – 50,5г  $\text{HCl}$ .

42. При  $15^{\circ}\text{C}$  добуток розчинності  $\text{PbI}_2$  дорівнює  $8,7 \cdot 10^{-9}$ . Обчисліть концентрації іонів  $\text{Pb}^{2+}$  та  $\text{I}^-$  у насиченому розчині над осадом.



43. Чи буде утворюватися осад при змішуванні 1л 0,5н розчину  $\text{AgNO}_3$  з 1л 0,5н розчином  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , якщо добуток розчинності  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  складає  $2 \cdot 10^{-7}$ ?

44. Чи утвориться осад при змішуванні 1л 0,1н розчину  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  і 1л 0,4н розчину  $\text{NaCl}$ , якщо добуток розчинності  $\text{PbCl}_2$  дорівнює  $2 \cdot 10^{-5}$ ?

45. У 500мл води розчиняється 0,0156г  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . Чому дорівнює добуток розчинності цієї солі?

46. Обчисліть розчинність солі  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (моль/л), якщо її добуток розчинності дорівнює  $\text{DP} = 2 \cdot 10^{-29}$ .

## VII.7 ГІДРОЛІЗ СОЛЕЙ

1. Як та чому впливає на ступінь гідролізу солей зміна температури і концентрації розчинів? Для підтвердження відповіді складіть молекулярні та йонні рівняння реакцій гідролізу алюміній хлориду: а) у дуже розведеному розчині за умов високої температури; б) у помірно розведеному розчині при кімнатній температурі.

2. У яких випадках внаслідок гідролізу утворюються кислі солі, а в яких – основні? Наведіть по два приклади, склавши відповідні рівняння у молекулярній та йонній формах.

3. Чим можна пояснити, що розведені розчини солей  $\text{LiNO}_2$  і  $\text{CsCN}$  мають лужну реакцію середовища? Для відповіді наведіть молекулярні та йонні рівняння реакцій гідролізу солей.

4. Чим можна пояснити, що розведені розчини солей  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{FeSO}_4$  мають кислу реакцію середовища? Для відповіді наведіть молекулярні та йонні рівняння реакцій гідролізу солей.

5. Чим можна пояснити, що при гідролізі ртуті(II) нітрату  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  утворюється основна сіль, а при гідролізі аргентум(I) сульфату  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  – кисла? Напишіть молекулярні



та йонні рівняння реакцій гідролізу, зазначте рН середовища у розчинах.

6. В який колір буде забарвлюватися нейтральний лакмус у розведених водних розчинах таких солей:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ? Відповідь підтвердіть складанням молекулярних та йонних рівнянь реакцій гідролізу солей.

7. Чому розчини солей  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  і  $\text{ZnSO}_4$  мають кислу реакцію середовища, розчини  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  і  $\text{KNO}_3$  – нейтральну, а розчини  $\text{NaBrO}$  і  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  – лужну? Для відповіді напишіть рівняння гідролізу солей.

8. Яка із наведених нижче солей піддається гідролізу у водних розчинах? Для кожної солі складіть молекулярне та йонне рівняння гідролізу і зазначте реакцію середовища в її водному розчині: а)  $\text{NaCN}$ ,  $\text{NaI}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{NaCN}$ ,  $\text{NaI}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; в)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{KClO}_3$ ; г)  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ; д)  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

9. Яка із солей та чому більшою мірою піддається гідролізу у водних розчинах за однакових умов (температура, концентрація): а)  $\text{FeCl}_2$  чи  $\text{FeCl}_3$ ; б)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  чи  $\text{Na}_2\text{S}$ ; в)  $\text{MgCl}_2$  чи  $\text{FeCl}_2$ ; г)  $\text{NaCN}$  чи  $\text{NaNO}_2$ ; д)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  чи  $\text{Na}_3\text{BO}_3$ ; е)  $\text{ZnCl}_2$  чи  $\text{CaCl}_2$ ; ж)  $\text{CH}_3\text{COOK}$  чи  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ; з)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  чи  $\text{Na}_2\text{S}$ ?

10. Поясніть, чому при додаванні води до концентрованих розчинів солей  $\text{SnCl}_2$  і  $\text{SnCl}_4$  випадають осади: у першому випадку  $\text{SnOHCl}$ , а у другому –  $\text{H}_2\text{SnO}_3$ ? Напишіть відповідні молекулярні та йонні рівняння реакцій гідролізу наведених солей.

11. Чому при високих температурах натрій хлорид здатний гідролізуватися з виділенням хлороводню? Складіть рівняння гідролізу в молекулярній та йонній формах. Чи піддається  $\text{NaCl}$  гідролізу при звичайних температурах: а) у водному розчині; б) у спиртовому розчині? Чому?

12. Подберіть по два молекулярних рівняння до кожного із наведених йонних рівнянь реакцій гідролізу: а)  $\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2^+ + \text{H}^+$ ; б)  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ; в)  $\text{CrOH}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_2^+ + \text{H}^+$ ; г)  $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HS}^- + \text{OH}^-$ ; д)  $\text{Sn}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SnOH}^+ + \text{H}^+$ ; е)  $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$ .

13. Поясніть, чому розведені розчини  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  мають лужну реакцію середовища, а розчини  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  і  $\text{NaHSO}_3$  – слабкокислоу? Для пояснення наведіть молекулярні та йонні рівняння реакцій гідролізу зазначених солей, а також рівняння дисоціації відповідних кислот.

14. Дією яких чинників можна посилити гідроліз солей? У який бік буде зміщуватися гідролітична рівновага у водному розчині солі  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , якщо: а) підкислити розчин оцтовою кислотою  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; соляною кислотою  $\text{HCl}$ ; б) розвести розчин великою кількістю води; в) додати розчин лугу  $\text{NaOH}$ ; г) знизити температуру; д) долити розчин  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; е) долити розчин  $\text{NaNO}_2$ ? Відповідь поясніть за допомогою молекулярного та йонного рівнянь реакції гідролізу вихідної солі, а також відповідних рівнянь реакцій, що проходять при додаванні зазначених реагентів.

15. Дією яких чинників можна загальмувати гідроліз солей? У який бік буде зміщуватися гідролітична рівновага у водному розчині солі  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , якщо: а) підкислити розчин сірчаною кислотою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; б) розвести розчин великою кількістю води; в) додати розчин лугу  $\text{NaOH}$ ; г) підвищити температуру; д) долити розчин  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; е) долити розчин  $\text{NaNO}_2$ ; ж) додати невелику кількість сухого  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ? Відповідь поясніть за допомогою молекулярного та йонного рівнянь реакції гідролізу вихідної солі, а також відповідних рівнянь реакцій, що проходять при додаванні зазначених реагентів.

16. Внаслідок сумісного гідролізу солей: а)  $\text{AlCl}_3$  і  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ; б)  $\text{FeCl}_3$  і  $\text{CH}_3\text{COONa}$  за однакових умов у першому випадку утворюється осад основної солі

$\text{Al}(\text{OH})_2(\text{CH}_3\text{COO})$ , а в другому –  $\text{FeOH}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Поясніть причину цього явища і складіть молекулярні та йонні рівняння реакцій сумісного гідролізу названих солей.

17. При змішуванні розбавлених водних розчинів наведених пар солей, особливо при легкому нагріванні, відбувається необоротний повний гідроліз кожної солі з утворенням кінцевих продуктів гідролізу. Поясніть це явище. Складіть молекулярні та йонні рівняння сумісного гідролізу двох солей: а)  $\text{FeCl}_2$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ; б)  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; в)  $\text{CrCl}_3$  і  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; г)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  і  $\text{K}_2\text{S}$ ; д)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  і  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ; е)  $\text{FeCl}_3$  і  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; ж)  $\text{MgSO}_4$  і  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ; з)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  і  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .

18. Розмістіть формули солей у порядку зростання їх здатності до гідролізу: амоній фторид, амоній хлорид, амоній ацетат, амоній карбонат, амоній сульфід, амоній сульфід. Відповідь мотивуйте. Яким буде середовище у водному розчині кожної солі? Для солей  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  наведіть молекулярні та йонні рівняння реакцій гідролізу.

19. Який тип гідролізу (простий, ступеневий, повний) буде проходити у розведених водних розчинах таких солей:  $\text{NaClO}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CrSO}_4$ ? Складіть молекулярні та йонні рівняння реакції гідролізу, зазначте рН кожного розчину.

20. Напишіть молекулярні та йонні рівняння гідролізу солі  $\text{K}_3\text{PO}_4$  і складіть вирази констант гідролізу для кожної стадії. Чим можна пояснити, що величина ступеня гідролізу зменшується на кожній наступній стадії?

## VIII КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

1. Назвіть сполуку, зазначте ступінь окиснення та координаційне число комплексоутворювача, тип комплексу за видом лігандів і зарядом внутрішньої сфери, напишіть рівняння первинної та вторинної дисоціації, а також вираз константи нестійкості. Запропонуйте способи утворення та руйнування комплексної сполуки:

- 1)  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ ,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ;
- 2)  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$ ;
- 3)  $\text{K}_2[\text{PdCl}_4]$ ,  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_3]\text{Cl}_3$ ;
- 4)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ ;
- 5)  $\text{K}[\text{Co}(\text{CN})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$ ,  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Br}_2]$ ;
- 6)  $\text{K}_3[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})(\text{CN})_5]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4](\text{OH})_2$ ;
- 7)  $\text{Al}[\text{BH}_4]_3$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ ;
- 8)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}(\text{NO}_3)]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_2[\text{ReCl}_5\text{O}]$ ;
- 9)  $\text{Na}[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{CNS})_4]$ ,  $\text{Na}[\text{BiCl}_4]$ ;
- 10)  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ;
- 11)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ ,  $\text{K}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ ;
- 12)  $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ;
- 13)  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ;
- 14)  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$ ;
- 15)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}](\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_4[\text{Pb}(\text{OH})_6]$ ;
- 16)  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4\text{I}_2]$ ,  $\text{K}_2[\text{BeF}_4]$ ;
- 17)  $\text{Cs}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ ,  $\text{K}[\text{CuCl}_4]$ ;
- 18)  $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_3](\text{OH})_2$ ;
- 19)  $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;
- 20)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}]\text{Cl}_2$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CNS})_6]$ ;
- 21)  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_3$ ;
- 22)  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_3$ ;
- 23)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]\text{NO}_3$ ,  $\text{K}[\text{SbCl}_6]$ ;
- 24)  $\text{Na}_2[\text{PbCl}_6]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{H}_2\text{O})](\text{NO}_3)_3$ ;
- 25)  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{CNS})_6]$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ;
- 26)  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO})]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ;
- 27)  $\text{K}[\text{ICl}_4]$ ,  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ;
- 28)  $\text{Na}_2[\text{GeBr}_6]$ ,  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ;
- 29)  $\text{K}[\text{ThCl}_5]$ ,  $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_2]$ ;
- 30)  $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$ .

2. Із заданих частинок складіть сім координаційних формул, зважаючи на те, що координаційне число комплексоутворювача дорівнює 6. Назвіть кожну сполуку, зазначте її тип за видом лігандів і за зарядом комплексного

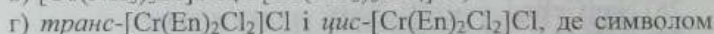
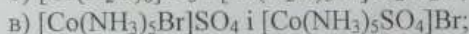
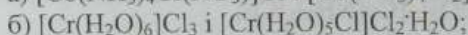
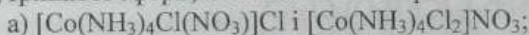


йона, зазначте внутрішню і зовнішню сфери, заряд комплексного йона: а)  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$  і  $\text{Na}^+$ ; б)  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Br}^-$  і  $\text{K}^+$ .

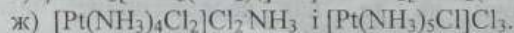
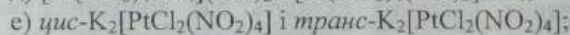
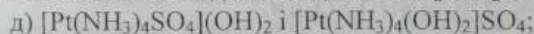
3. Складіть координаційні формули комплексних сполук і назвіть їх, для кожної сполуки зазначте координаційне число комплексоутворювача:

- 1)  $\text{AgCl} \cdot 2\text{NH}_3$ ;
- 2)  $\text{AgCN} \cdot \text{KCN}$ ;
- 3)  $\text{AgNO}_2 \cdot \text{KNO}_2$ ;
- 4)  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{CrCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{CrCl}_3 \cdot 3\text{KCl}$ ;
- 7)  $3\text{NaNO}_2 \cdot \text{Co}(\text{NO}_2)_3$ ;
- 8)  $\text{CoCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 9)  $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot \text{NH}_3 \cdot 2\text{KNO}_2$ ;
- 10)  $\text{CuCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3$ ;
- 11)  $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- 12)  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;
- 13)  $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ ; б)  $\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$ ;
- 14)  $\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{NH}_3$ .

4. Назвіть комплексні сполуки, обчисліть ступінь окиснення та координаційне число комплексоутворювача, визначте тип комплексу за видом лігандів і за зарядом внутрішньої сфери, а також тип ізомерії:

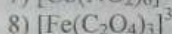
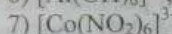
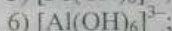
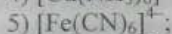
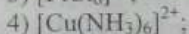
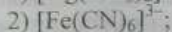
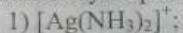


En позначений ліганд етилендіамін  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ ;



5. Виходячи із складу внутрішньої сфери, запропонуйте координаційні формули комплексних сполук і назвіть їх.

Напишіть вирази констант нестійкості, для кожної сполуки зазначте ступінь окиснення та координаційне число комплексоутворювача:



6. Обчисліть заряд комплексного йона  $x$ , зважаючи на те, що ступінь окиснення комплексоутворювача дорівнює  $+3$ :  $[\text{CrCl}_6]^x$ ,  $[\text{CrCl}_4(\text{H}_2\text{O})_2]^x$ ,  $[\text{CrCl}_3(\text{H}_2\text{O})_3]^x$ . Запропонуйте формули комплексних сполук з такими йонами, назвіть їх і напишіть вирази констант нестійкості.

7. Обчисліть заряд комплексного йона  $x$ , зважаючи на те, що ступінь окиснення комплексоутворювача дорівнює  $+4$   $[\text{PtCl}_6]^x$ ,  $[\text{PtCl}_4(\text{NH}_3)_2]^x$ ,  $[\text{PtCl}_3(\text{NH}_3)_3]^x$ . Запропонуйте формули комплексних сполук з такими йонами, назвіть їх і напишіть вирази констант нестійкості.

8. Константи нестійкості комплексних йонів  $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$  відповідно дорівнюють  $8 \cdot 10^{-20}$ ,  $4 \cdot 10^{-41}$ ,  $1,4 \cdot 10^{-17}$ . Напишіть вирази констант нестійкості та визначте, в якому із розчинів, що містять такі комплексні йони, при однаковій молярній концентрації кількість йонів  $\text{CN}^-$  буде найбільшою?

9. Константи нестійкості комплексних йонів  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{CNS})_2]^-$  відповідно дорівнюють  $1,0 \cdot 10^{-21}$ ,  $6,8 \cdot 10^{-8}$ ,  $2,0 \cdot 10^{-11}$ . Напишіть вирази констант нестійкості та визначте, в якому з розчинів, що містять такі комплексні йони, при однаковій молярній концентрації, кількість йонів  $\text{Ag}^+$  буде найбільшою?

10. При додаванні розчину KCN до розчину, що містить комплексну сіль  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ , утворюється розчинна комплексна сполука  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$ . Напишіть молекулярне та йонне рівняння цієї реакції і дайте мотивовану відповідь, який комплексний йон:  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  чи  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$  має більшу величину константи нестійкості.

11. Складіть координаційні формули сполук  $\text{Fe}(\text{CN})_3 \cdot 3\text{KCl}$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ . В якому випадку і чому буде утворюватися осад ферум(III) гідроксиду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , якщо до розчину кожної вихідної солі додати надлишок розчину  $\text{NaOH}$ ? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

12. Чим можна пояснити, що нерозчинна у воді сіль аргентум(I) хлорид  $\text{AgCl}$  добре розчиняється у розчинах амоній гідроксиду  $\text{NH}_4\text{OH}$  та натрій тіосульфату  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

13. Константи нестійкості комплексних йонів  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  відповідно дорівнюють  $6,2 \cdot 10^{-36}$ ,  $1,0 \cdot 10^{-37}$ ,  $1,0 \cdot 10^{-44}$ . Напишіть вирази констант нестійкості та дайте мотивовану відповідь, який із наведених комплексних йонів буде найміцнішим.

14. Напишіть молекулярні та йонні рівняння реакції утворення комплексної сполуки  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)]\text{SO}_4$ , виходячи із купрум(II) сульфату, а також руйнування при дії на неї розчином натрій сульфїду  $\text{Na}_2\text{S}$ .

15. Напишіть молекулярні та йонні рівняння реакції утворення комплексної сполуки  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ , виходячи із алюміній сульфату, а також її руйнування при дії на неї розчином азотної кислоти.

16. Складіть формули комплексних сполук за їх назвами:

- а) сульфат гексаакваалюмінію; б) хлорид нітропентаамінокобальту(III); в) гексаціаноферат(II) калію; г) пентакарбонілферум(0); д) гексахлоропаладат(II) амонію;

е) хлорид дихлоротерааквахромат(III) натрію. Для однієї сполуки напишіть рівняння первинної та вторинної дисоціації, а також вираз константи нестійкості.

17. Визначте тип гібридизації комплексоутворювача і просторову конфігурацію комплексного йона: а)  $[\text{CrF}_6]^{3-}$ ; б)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ; в)  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ ; г)  $[\text{CoF}_6]^{3-}$ ; д)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ; е)  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]^0$ . Які властивості: парамагнітні чи діамагнітні притаманні кожному комплексу?

18. Чим можна пояснити, що при додаванні до розчину  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  надлишку розчину  $\text{Na}_2\text{S}$  випадає осад, а при додаванні розчину  $\text{KCN}$  осад не утворюється? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

19. Не використовуюючи величин констант нестійкості, дайте мотивовану відповідь, який комплекс і чому є міцнішим: а)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  чи  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ; б)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  чи  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ; в)  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  чи  $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ ?

20. Розчини солей кадмію утворюють з лугами осад  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ , а з сірководнем – осад  $\text{CdS}$ . Чим можна пояснити, що розчин комплексної солі  $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$  утворює осад з сірководнем і не дає осаду з лугами? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

21. Розчини солей міді утворюють з лугами осад  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , а з сірководнем – осад  $\text{CuS}$ . Чим можна пояснити, що концентрований розчин комплексної солі  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  утворює осад із сірководнем і не дає осаду з лугами? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

22. Чим пояснити, що при дії розчином  $\text{KCl}$  на продукт взаємодії  $\text{AgNO}_3$  з амоніаком  $\text{NH}_3$  осад  $\text{AgCl}$  не утворюється, а при дії розчином  $\text{KI}$  – утворюється? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

23. Чому при додаванні азотної кислоти до розчину  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  утворюється осад  $\text{AgCl}$ ? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідної реакції.



24. Як пояснити, що осад аргентум(I) йодиду  $\text{AgI}$  розчиняється у  $\text{KCN}$  і не розчиняється в  $\text{NH}_4\text{OH}$ ? Виходячи з цього визначте, який комплексний йон:  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  чи  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  має меншу величину константи нестійкості. Напишіть молекулярне та йонне рівняння реакції.

25. У чому полягає утворення донорно-акцепторного зв'язку в комплексних йонах  $[\text{BF}_4]^-$ ,  $[\text{H}_3\text{O}]^+$ ,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ? Зазначте, який атом чи йон є донором, а який – акцептором у наведених йонах.

26. Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює октаедричну будову карбонілу хрому  $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$  і величину координаційного числа хрому(0)?

27. Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює тетраедричну будову комплексу  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  і величину координаційного числа цинку(II)?

28. Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює будову карбонілу заліза  $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$  у вигляді тригональної біпіраміди і величину координаційного числа феруму(5)?

29. Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює тетраедричну будову комплексних йонів  $\text{NH}_4^+$  і  $\text{BH}_4^-$ ?

30. Які орбіталі третього і четвертого енергетичних рівнів хрому(+3) беруть участь в утворенні хімічних зв'язків у комплексному йоні  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ? Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює октаедричну будову комплексу і величину координаційного числа хрому(+3)?

31. Які орбіталі третього і четвертого енергетичних рівнів кобальту(+3) беруть участь в утворенні хімічних зв'язків у комплексному йоні  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ? Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює октаедричну будову комплексу і величину координаційного числа кобальту(+3)?

32. Які орбіталі п'ятого енергетичних рівня кадмію(+2) беруть участь в утворенні хімічних зв'язків у комплексному йоні  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ? Як метод ВС (валентних зв'язків) пояснює

октаедричну будову комплексу і величину координаційного числа кадмію(+2)?

## ІХ ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ

Для розв'язування задач цього розділу наведені довідкові дані щодо значень стандартних електродних потенціалів металів (табл.3).

Таблиця 3 – Стандартні електродні потенціали (ряд напруг металів)

| $\text{Me}^{x+}/\text{Me}$ | $E^{\circ}_{298\text{K}}, \text{В}$ | $\text{Me}^{x+}/\text{Me}$ | $E^{\circ}_{298\text{K}}, \text{В}$ | $\text{Me}^{x+}/\text{Me}$    | $E^{\circ}_{298\text{K}}, \text{В}$ |
|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{Li}^+/\text{Li}$    | -3,04                               | $\text{Ti}^{2+}/\text{Ti}$ | -1,63                               | $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$    | -0,13                               |
| $\text{Cs}^+/\text{Cs}$    | -3,03                               | $\text{Zr}^{2+}/\text{Zr}$ | -1,53                               | $\text{Mo}^{2+}/\text{Mo}$    | -0,20                               |
| $\text{Rb}^+/\text{Rb}$    | -2,98                               | $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$ | -1,18                               | $\text{W}^{6+}/\text{W}$      | -0,09                               |
| $\text{K}^+/\text{K}$      | -2,93                               | $\text{V}^{2+}/\text{V}$   | -1,12                               | $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}$    | -0,04                               |
| $\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}$ | -2,91                               | $\text{Ta}^{5+}/\text{Ta}$ | -1,12                               | $2\text{H}^+/\text{H}_2$      | 0                                   |
| $\text{Sr}^{2+}/\text{Sr}$ | -2,89                               | $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$ | -0,76                               | $\text{Sb}^{3+}/\text{Sb}$    | +0,20                               |
| $\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$ | -2,87                               | $\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}$ | -0,91                               | $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$    | +0,34                               |
| $\text{Na}^+/\text{Na}$    | -2,71                               | $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$ | -0,74                               | $\text{Tc}^{2+}/\text{Tc}$    | +0,40                               |
| $\text{Ac}^{3+}/\text{Ac}$ | -2,60                               | $\text{Ga}^{3+}/\text{Ga}$ | -0,53                               | $\text{Ru}^{2+}/\text{Ru}$    | +0,45                               |
| $\text{La}^{3+}/\text{La}$ | -2,52                               | $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$ | -0,44                               | $\text{Tl}^{3+}/\text{Tl}$    | +0,72                               |
| $\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$ | -2,37                               | $\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$ | -0,40                               | $\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}$ | +0,79                               |
| $\text{Y}^{2+}/\text{Y}$   | -2,37                               | $\text{In}^{3+}/\text{In}$ | -0,34                               | $\text{Os}^{2+}/\text{Os}$    | +0,70                               |
| $\text{Be}^{2+}/\text{Be}$ | -1,85                               | $\text{Co}^{2+}/\text{Co}$ | -0,27                               | $\text{Ag}^+/\text{Ag}$       | +0,80                               |
| $\text{Hf}^{2+}/\text{Hf}$ | -1,70                               | $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$ | -0,25                               | $\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}$    | +1,18                               |
| $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$ | -1,66                               | $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$ | -0,14                               | $\text{Au}^+/\text{Au}$       | +1,50                               |

### ІХ.1 ЕЛЕКТРОДНІ ПОТЕНЦІАЛИ, ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ РЯД НАПРУГ МЕТАЛІВ

1. В якому випадку при занурюванні металевої пластинки у водний розчин солі буде відбуватися хімічна взаємодія? Чому? Складіть молекулярні та електронні рівняння процесів, що проходять: а)  $\text{Fe}$  і  $\text{CuSO}_4$ ; б)  $\text{Cu}$  і  $\text{FeSO}_4$ ; в)  $\text{Zn}$  і  $\text{AgNO}_3$ ;

г)  $\text{Ag}$  і  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ .

2. В якому випадку при занурюванні металевої пластинки у водний розчин солі буде відбуватися хімічна взаємодія? Чому? Складіть молекулярні та електронні рівняння процесів, що проходять: а)  $\text{Cd}$  і  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ; б)  $\text{Pb}$  і  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ; в)  $\text{Sn}$  і  $\text{FeCl}_2$ ; г)  $\text{Fe}$  і  $\text{SnCl}_2$ .

3. У якому випадку при занурюванні металевої пластинки у водний розчин солі буде відбуватися хімічна взаємодія? Чому? Складіть молекулярні та електронні рівняння процесів, що проходять: а)  $\text{Mg}$  і  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ; б)  $\text{Co}$  і  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ; в)  $\text{Cu}$  і  $\text{ZnCl}_2$ ; г)  $\text{Zn}$  і  $\text{CuCl}_2$ .

4. Залізні ошурки помістили у водні розчини таких солей:  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ . У якому випадку та чому відбувається взаємодія? Напишіть рівняння реакцій у молекулярній формі, складіть електронний баланс.

5. Залізні ошурки помістили у водні розчини таких солей:  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ . У якому випадку та чому відбувається взаємодія? Напишіть рівняння реакцій у молекулярній формі, складіть електронний баланс.

6. У дві посудини з блакитним розчином мідного купоросу помістили: у першій – цинкову пластинку, у другій – срібну. В якій посудині та чому розчин поступово знебарвлюється? Складіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

7. Збільшиться, зменшиться чи залишиться без змін маса цинкової пластинки, зануреної у розчини таких солей: а)  $\text{AgNO}_3$ ; б)  $\text{MgSO}_4$ ; в)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ? Чому? Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що при цьому проходять.

8. Збільшиться, зменшиться чи залишиться без змін маса кадмієвої пластинки, зануреної у розчини таких солей: а)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ; б)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ; в)  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ ? Чому? Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що при цьому проходять.

9. Які процеси будуть проходити, якщо кинути гранулу натрію у водний розчин солі  $\text{FeCl}_2$ ? Чому? Складіть електронні, йонні та молекулярні рівняння реакцій.

10. Залізний стрижень був занурений у розчин мідного купоросу. Через деякий час його маса збільшилася на 2,0г. Напишіть електронні та молекулярне рівняння реакції і обчисліть масу міді, що осадилася на залізному стрижні.

11. Маса мідної пластинки, яка певний час перебувала у водному розчині сулеми  $\text{HgCl}_2$ , збільшилася на 2,74г. Напишіть електронні та молекулярне рівняння реакції і обчисліть масу сулеми, що знаходилася у розчині.

12. Нікелеву монету помістили у 100 г розчину мідного купоросу. Після повного знебарвлення розчину виявилось, що маса монети збільшилася на 0,1г. Розрахуйте масові частки  $\text{CuSO}_4$  у вихідному розчині та  $\text{NiSO}_4$  – у кінцевому. Напишіть електронні та молекулярне рівняння реакції, що при цьому проходить.

13. Для повного розчинення цинкових ошурків витрачено 200мл розчину, що містить суміш  $\text{AgNO}_3$  і  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  з концентрацією 0,1моль/л кожної солі. Обчисліть масу цинкових ошурків. Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що при цьому проходять.

14. У 250 мл розчину, що містить суміш  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  і  $\text{NiSO}_4$  з концентрацією 0,2моль/л кожної солі, помістили алюмінієву гранулу масою 1,8г. Які з металів і в якій кількості витісняються алюмінієм? Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що при цьому проходять.

15. У 200мл блакитного розчину мідного купоросу концентрацією 0,1моль/л  $\text{CuSO}_4$  занурена залізна пластинка масою 10,112г. Якою буде маса пластинки після повного знебарвлення розчину? Напишіть електронні та молекулярне рівняння реакції, що при цьому проходить.

16. Після тривалого перебування мідної пластинки у розчині  $\text{AgNO}_3$  її маса збільшилася від 9,547г до 9,983г.



Скільки грамів срібла виділилося на пластинці? Напишіть електронні та молекулярне рівняння реакції, що при цьому проходить.

17. У 9,2% розчин солі  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  масою 100г занурили залізу пластинку. Через деякий час маса пластинки змінилася на 0,1г. Обчисліть масові частки солей у розчині, що утворився внаслідок взаємодії. Напишіть електронні та молекулярне рівняння реакції, що при цьому проходить.

18. При якій концентрації йонів  $\text{Zn}^{2+}$ , моль/л, значення потенціалу цинкового електрода буде на 0,015В менше, ніж його стандартний електродний потенціал?

19. Базуючись на значеннях стандартних електродних потенціалів, дайте мотивовану відповідь, катіон якого металу:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  виявляє окиснювальні властивості більшою мірою. Наведіть приклади.

20. Виходячи із величин стандартних електродних потенціалів, дайте мотивовану відповідь, якому металу:  $\text{Ti}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Mg}$  найбільшою мірою притаманні відновні властивості. Наведіть приклади.

21. Чому дорівнює електродний потенціал водневого електрода при 298 К і таких концентраціях, моль/л, йонів Гідрогену  $[\text{H}^+]$ : а)  $10^{-2}$ ; б)  $10^{-7}$ ; в)  $10^{-10}$ ?

22. У чотири посудини з розчином  $\text{FeCl}_3$  бурого забарвлення помістили: у першу –  $\text{Zn}$ , у другу –  $\text{Na}$ , у третю –  $\text{Cu}$ , у четверту –  $\text{Au}$ . В якій посудині та чому буде відбуватися поступове знебарвлення розчину  $\text{FeCl}_3$ ? Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що при цьому проходять.

23. Як залежить величина електродного потенціалу від температури і концентрації йонів у розчині? Обчисліть електродний потенціал цинку за таких умов: а) 298К,  $[\text{Zn}^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л; б) 1000К,  $[\text{Zn}^{2+}] = 10^{-6}$  моль/л.

24. Як залежить величина електродного потенціалу від температури і концентрації йонів у розчині? Обчисліть електродний потенціал системи  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  за таких умов:

а) 298К,  $[\text{Fe}^{2+}] = 10^{-1}$  моль/л; б) 600К,  $[\text{Fe}^{2+}] = 10^{-4}$  моль/л.

25. Як залежить величина електродного потенціалу від температури і концентрації йонів у розчині? Обчисліть електродний потенціал системи  $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$  за таких умов:

а) 298К,  $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л; б) 1000К,  $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-4}$  моль/л.

26. Потенціал срібного електрода складає 95% від значення його стандартного електродного потенціалу. Чому дорівнює концентрація йонів  $\text{Ag}^+$  у розчині?

27. При якій концентрації йонів  $\text{Cu}^{2+}$ , моль/л, значення потенціалу мідного електрода стає рівним стандартному потенціалу водневого електрода?

28. Чи буде відбуватися реакція при внесенні у водний розчин  $\text{NiSO}_4$  таких металів: а)  $\text{Zn}$ ; б)  $\text{Cu}$ ; в)  $\text{Fe}$ ; г)  $\text{Mn}$ ? Напишіть молекулярні та електронні рівняння відповідних реакцій.

## IX.2 ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

1. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС мідно-кадмієвого гальванічного елемента, в якому концентрація йонів дорівнює, моль/л:  $[\text{Cd}^{2+}] = 10^{-2}$ ;  $[\text{Cu}^{2+}] = 1,0$ .

2. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС кобальто-срібного гальванічного елемента, в якому концентрація йонів дорівнює, моль/л:  $[\text{Co}^{2+}] = 10^{-4}$ ;  $[\text{Ag}^+] = 10^{-1}$ .

3. Запропонуйте схеми двох гальванічних елементів, в одному з яких нікель був би анодом, а в іншому – катодом.

Напишіть електронні рівняння електродних процесів і розрахуйте значення стандартної електрорушійної сили.

4. Запропонуйте схеми двох гальванічних елементів, в одному з яких мідь була б анодом, а в іншому – катодом. Напишіть електронні рівняння електродних процесів і розрахуйте значення стандартної електрорушійної сили.

5. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС концентраційного гальванічного елемента зі срібними електродами, зануреними: перший – у 0,1н розчин  $\text{AgNO}_3$ , а другий – 0,001н розчин  $\text{AgNO}_3$ .

6. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС концентраційного гальванічного елемента з цинковими електродами, зануреними: перший – у 0,1М розчин  $\text{ZnSO}_4$ , а другий – у 0,01М розчин  $\text{ZnSO}_4$ .

7. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, в якому один нікелевий електрод знаходиться у 0,0001М розчині  $\text{NiSO}_4$ , а інший, такий самий електрод, – у 0,01М розчині  $\text{NiSO}_4$ .

8. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, що містить свинцевий і магнієвий електроди, занурені у розчини своїх солей з концентраціями  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Mg}^{2+}] = 0,01 \text{ моль/л}$ . Чи буде змінюватися ЕРС цього гальванічного елемента, якщо концентрацію кожного йона збільшити в однакову кількість разів? Чому?

9. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, що містить мідний та титановий електроди, занурені у розчини своїх солей з концентраціями  $[\text{Cu}^{2+}] = [\text{Ti}^{2+}] = 0,1 \text{ моль/л}$ . Чи буде змінюватися ЕРС цього

гальванічного елемента, якщо концентрацію кожного йона збільшити в однакову кількість разів? Чому?

10. Залізна і срібна пластини сполучені зовнішнім провідником і занурені у розчин розведеної сірчаної кислоти. Складіть схему такого гальванічного елемента і напишіть електронні рівняння електродних процесів.

11. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, що містить кадмієвий і берилієвий електроди, занурені у розчини своїх солей з концентраціями  $[Cd^{2+}] = [Be^{2+}] = 0,1$  моль/л. Чи буде змінюватися ЕРС цього гальванічного елемента, якщо концентрацію кожного йона зменшити у 100 разів? Чому?

12. Складіть схему гальванічного елемента, в якому пластини цинку і заліза занурені у розчини своїх солей. Напишіть електронні рівняння процесів, що відбуваються на аноді та катоді. Якої концентрації, необхідно взяти розчин солі заліза, моль/л, щоб ЕРС гальванічного елемента стала такою, що дорівнює нулю, якщо  $[Zn^{2+}] = 0,001$  моль/л?

13. Складіть схему гальванічного елемента, в основу роботи якого покладена реакція, що проходить згідно із схемою  $3La + 2SbCl_3 \rightarrow 3LaCl_2 + 2Sb$ . Напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС, якщо  $[Sb^{3+}] = 0,01$  моль/л,  $[La^{2+}] = 0,00001$  моль/л.

14. Складіть схему гальванічного елемента, в основу роботи якого покладена реакція, що проходить згідно із схемою  $Be + SnCl_2 \rightarrow BeCl_2 + Sn$ . Напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС, якщо  $[Sn^{2+}] = 0,1$  моль/л,  $[Be^{2+}] = 0,001$  моль/л.

15. Складіть схему гальванічного елемента, в якому пластинки із ванадію і технецію занурені у розчини їх солей з концентрацією йонів 1 моль/л. Який метал є анодом в такому гальванічному елементі, а який – катодом? Чому? Напишіть електронні рівняння електродних процесів і загальне



рівняння окиснювально-відновної реакції, що проходить при роботі цього елемента, обчисліть ЕРС.

16. Обчисліть ЕРС концентраційного гальванічного елемента, що складається із двох водневих електродів, занурених у розчини, які мають  $\text{pH}=2$  і  $\text{pH}=4$ . Напишіть електронні рівняння електродних процесів і складіть схему гальванічного елемента.

17. Обчисліть ЕРС концентраційного гальванічного елемента, що складається із двох водневих електродів, занурених у розчини, які мають  $\text{pH}=1$  і  $\text{pH}=6$ . Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів і складіть схему гальванічного елемента.

18. Складіть схему і обчисліть стандартну ЕРС гальванічного елемента, в основу роботи якого покладено реакцію, що проходить згідно із схемою  $\text{Ni}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Ni} + \text{Fe}^{2+}$ . Як і чому буде змінюватися ЕРС, якщо умови змінити так:

а) збільшити концентрацію йонів  $\text{Fe}^{2+}$ ; б) збільшити концентрацію йонів  $\text{Ni}^{2+}$ ; в) підвищити температуру; г) збільшити поверхню залізного електрода; д) збільшити поверхню нікелевого електрода?

19. Напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС такого гальванічного елемента  $\text{As}|\text{As}^{2+}(0,01\text{M})||\text{Ru}^{2+}(1\text{M})|\text{Ru}$ . Як необхідно змінити концентрацію йонів  $\text{As}^{2+}$ , щоб ЕРС гальванічного елемента стала дорівнювати нулю?

20. Напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС такого гальванічного елемента  $\text{Al}|\text{Al}^{3+}(0,001\text{M})||\text{Ag}^{+}(0,1\text{M})|\text{Ag}$ . Як необхідно змінити концентрацію  $\text{Al}^{3+}$ , щоб ЕРС гальванічного елемента стала дорівнювати нулю?

### IX.3 ЕЛЕКТРОЛІЗ

1. Забруднена технічна мідь містить домішки цинку і срібла. Що з ними відбудеться при електролітичному рафінуванні міді? Складіть електронні реакції анодного і катодного процесів.

2. У якій послідовності речовини будуть виділятися на інертних електродах при електролізі водних розчинів, що містять суміш:  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{AgNO}_3$ ;  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

3. В якій послідовності речовини будуть виділятися на інертних електродах при електролізі водних розчинів, що містять суміш:  $\text{NaCl}$ ;  $\text{NaNO}_3$ ;  $\text{NaI}$ ;  $\text{Na}_2\text{S}$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

4. В якій послідовності речовини будуть виділятися на інертних електродах при електролізі водних розчинів, що містять суміш:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $\text{NiSO}_4$ ;  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{MgSO}_4$ ;  $\text{CuSO}_4$ ? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

5. Струм проходить послідовно через два електролізери, в одному з яких міститься розчин  $\text{CuCl}_2$ , а в іншому – розчин  $\text{NaOH}$ . Через деякий час на одному електроді виділилося 3,2г міді. Які сполуки і в якій кількості виділилися на інших електродах? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної речовини, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

6. Струм силою 1,5А протягом 1 години проходить послідовно через розчини  $\text{FeCl}_2$  і  $\text{FeCl}_3$ . Обчисліть маси заліза, що осіло на обидвох катодах. Чи однакові об'єми газів виділилися на анодах? Напишіть рівняння реакції, що

проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

7. При пропусканні електричного струму силою 5А протягом 2год. 2хв і 2с через розчин сульфату двовалентного металу на одному електроді виділилося 12,4г цього металу. На основі відповідних розрахунків встановіть метал. Який об'єм газу виділився на іншому електроді? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

8. Внаслідок електролізу розплаву  $\text{CaCl}_2$  одержано 8,96л (н.у.) хлору. Розрахуйте масу кальцію, що виділився при цьому. Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

9. При електролізі розчину  $\text{NiSO}_4$  одержали 177г нікелю, вихід якого склав 75%. Який об'єм газу виділився на іншому електроді? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

10. При електролізі у відповідних умовах струмом 2А водного розчину  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  маса катода збільшилася на 8г. Протягом якого часу проводили електроліз? Який об'єм газу виділився на аноді? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

11. За 10хв із розчину нітратної солі платини струм силою 5А на одному електроді виділив 1,517г металу. Обчисліть еквівалентну масу платини і об'єм газу, що виділився на іншому електроді. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

12. Однакову кількість електрики пропустили через розчини солей  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ . У першому розчині маса катода збільшилася на 0,54г. Як змінилися маси катодів у решті розчинів? Чи однакові об'єми газів

виділилися на анодах? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

13. При електролізі розчину сульфату двовалентного металу на одному електроді виділилося 178мл (н.у.) газу, а на іншому – 1,024г металу. Визначте метал, напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

14. Через послідовно сполучені електролізери, в першому з яких міститься розчин  $\text{SnCl}_2$ , а в другому –  $\text{SnCl}_4$ , пропустили однакову кількість електрики. Чи однакові кількості олова і хлору виділяться на електродах? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

15. Через 50г 10% розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  пропускали струм силою 10А протягом 2год. Обчисліть масову частку речовини у розчині після припинення електролізу. Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

16. Обчисліть кількість електрики, яку необхідно пропустити через розчин  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , щоб одержати 2,07г металу. Який об'єм газу виділиться при цьому на аноді? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

17. При електролізі розчину  $\text{NiSO}_4$  струмом силою 10А протягом 5год. виділилося 53,21г нікелю. Розрахуйте вихід за струмом і масу речовини, що виділилася на іншому електроді. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

18. Для одержання  $1\text{м}^3$  (н.у.) хлору при електролізі  $\text{NaCl}$  через розчин пропустили  $9 \cdot 10^6$  Кл електрики. Обчисліть вихід за струмом і масу речовини, що виділилася на іншому електроді. Напишіть рівняння реакції, що проходить при



електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

19. При електролізі розчину NaCl протягом 30хв. виділилося 500мл (н.у.) водню. Обчисліть силу струму, якщо вихід за струмом дорівнює 95%. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

20. Обчисліть еквівалент металу і напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів, виходячи із того, що при пропусканні струму силою 10А протягом 30хв через розчин  $Me_2(SO_4)_3$  виділилося 3,25г металу.

21\*. Електроліз 200мл 16% розчину  $CuSO_4$  ( $\rho=1,02г/мл$ ) проводили до того часу, поки маса розчину не зменшилася на 5г. Обчисліть масові частки продуктів у розчині після закінчення електролізу і маси речовин, що виділилися на електродах. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

22\*. Внаслідок електролізу 497г розчину KCl на аноді виділився весь хлор, об'єм якого дорівнює 22,4л (н.у.). Розрахуйте масові частки речовин у вихідному і кінцевому розчині. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

23\*. Електроліз розчину NaOH струмом 10А проводили протягом 268год. Після закінчення електролізу залишилося 50г 24% розчину NaOH. Якою була початкова концентрація розчину? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

24\*. При електролізі розчину  $CuCl_2$  на аноді виділилося 11,2л (н.у.) газу. Який об'єм 32% розчину азотної кислоти необхідно взяти для повного розчинення металу, що

виділився на катоді? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

25\*. При електролізі розчину хлориду двовалентного металу на катоді осіло 0,16г металу, при повному розчиненні якого в концентрованій азотній кислоті утворилося 0,112л (н.у.) бурого газу  $\text{NO}_2$ . Визначте метал і обчисліть масу солі, яку піддавали електролізу. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

26\*. Електроліз водного розчину солі  $\text{MeSO}_4$  проводили у два етапи. Протягом першого етапу на катоді осів увесь метал масою 1,28г, а протягом другого – виділилося 4,48л (н.у.) газу. Який об'єм газу виділився на аноді за час проведення електролізу? Обчисліть масові частки речовин у вихідному і кінцевому розчині. Напишіть рівняння реакції, що протікає при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

27. Протягом деякого часу проводили електроліз солей  $\text{NaCl}$  і  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Чи змінилися внаслідок цього кількості солей в обох випадках? Відповіді мотивуйте. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

28. Протягом якого часу необхідно пропускати через розчин  $\text{NaCl}$  струм силою 5А, щоб одержати 20г  $\text{NaOH}$ ? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

29. Нікелеві електроди занурені у 0,1М розчин  $\text{NiSO}_4$ . Внаслідок електролізу, який проводився протягом 1год., маса одного електрода зменшилася на 1г. Що трапилося з іншим електродом? Якою була сила струму? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

30. При електролізі водного розчину  $\text{AgNO}_3$  з нерозчинним анодом струмом силою 3А протягом 25хв на

катоді виділилося 4,8г срібла. Розрахуйте вихід за струмом і електрохімічний еквівалент срібла. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

31. При електролізі розчинів  $MgSO_4$  і  $SnCl_2$ , які містяться в електролізерах, послідовно сполучених з джерелом струму, на одному з катодів виділилося 0,25г водню. Якими були маси речовин, що виділилися на іншому катоді та на анодах? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі кожної солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

32. При електролізі нітратної солі тривалентного металу струмом силою 1,5А протягом 30хв на катоді виділилося 1,071г металу. Обчисліть атомну масу металу і об'єм газу, що утворився на аноді. Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

33. Електроліз розчину  $K_2SO_4$  проводили протягом 3год при силі струму 5А. Яка маса води при цьому розклалася? Чому дорівнюють об'єми газів, що утворилися на кожному електроді? Напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

34. Електроліз розчину сульфату цинку проводили протягом 5год, внаслідок чого виділилося бл (н.у.) кисню. Обчисліть силу струму і напишіть рівняння реакції, що проходить при електролізі солі, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

35. Електроліз розчину йодиду калію проводили при силі струму 6А протягом 2,5год. Обчисліть маси речовин, що виділилися на електродах, і напишіть загальне рівняння реакції, а також електронні рівняння анодного і катодного процесів.

## IX.4 КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ

1. Як відбувається атмосферна корозія оцинкованого і луженого (покритего оловом) заліза? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів для обох випадків, зазначте склад продуктів корозії.

2. Мідь не витісняє водень із розведених кислот. Чому? Однак якщо до мідної пластинки, зануреної у кислоту, доторкнутися цинковою паличкою, то на міді починається бурхливе виділення водню. Чим це пояснити? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, а також рівняння хімічної реакції, що проходить.

3. Як відбувається корозія луженого (покритего оловом) заліза і луженої міді при руйнуванні покриття? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів для обох випадків, зазначте склад продуктів корозії.

4. Якщо пластинку із чистого цинку занурити у розведену кислоту, то виділення водню на ній досить швидко припиняється. Але при торканні до цинкової пластинки мідним дротом на ній починається енергійне виділення водню. Чим це можна пояснити? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, а також рівняння хімічної реакції, що проходить.

5. У чому полягає протекторний захист металів від корозії? Запропонуйте приклад протекторного захисту заліза в електроліті, що містить розчинений кисень. Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

6. До якого типу (анодного чи катодного) належить нікелеве покриття на залізі? Чому? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів корозії, що проходить при порушенні цього покриття у вологому повітрі та у солянокислому середовищі. Якими є продукти корозії в обох випадках?



7. Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів із кисневою і водневою деполяризацією під час корозії пари магній–нікель. Які продукти корозії утворюються в обох випадках?

8. У розчин соляної кислоти помістили паличку із чистого цинку і цинкову паличку, частково покриту міддю. В якому випадку процес корозії буде проходити інтенсивніше? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

9. Чим можна пояснити, що хімічно чисте залізо є стійкішим до корозії порівняно із технічним залізом? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, що проходять при корозії технічного заліза у вологому повітрі та в кислому середовищі.

10. Охарактеризуйте анодне і катодне покриття. Наведіть приклади декількох металів, які можуть бути використовані як анодне покриття для заліза і декілька прикладів – як катодне. Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, що проходять при атмосферній корозії заліза при порушенні анодного і катодного покриття.

11. Залізний виріб покрили оловом. Яке це покриття – анодне чи катодне? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, що протікають при корозії заліза внаслідок порушення покриття у вологому повітрі та в солянокислому середовищі. Які продукти корозії утворюються в обох випадках?

12. Залізний виріб покрили свинцем. Яке це покриття – анодне чи катодне? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, що проходять при корозії заліза внаслідок порушення свинцевого покриття у вологому повітрі та в солянокислому середовищі. Які продукти корозії утворюються в обох випадках?

13. Дві залізні пластинки, одна з яких частково покрита міддю, а інша – оловом, перебувають на вологому повітрі. На якій пластинці швидше утворюється іржа? Чому?

14. Який метал доцільніше обрати для протекторного захисту від корозії свинцевої оболонки кабелю – цинк, магній чи хром? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів атмосферної корозії свинцевої оболонки кабелю і зазначте склад продуктів корозії.

15. Після занурення пластики із хімічно чистого заліза в соляну кислоту виділення водню спочатку відбувається повільно, а потім зовсім припиняється. Однак якщо до залізної пластинки доторкнутися цинковою паличкою, то на залізі починається бурхливе виділення водню. Чому? Який метал при цьому розчиняється? Складіть схему корозійного гальванічного елемента і напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів корозії. Які продукти корозії утворюються?

16. Цинкову і залізну пластинки, сполучені між собою зовнішнім провідником, помістили у розчин купрум(II) сульфату. Складіть схему корозійного гальванічного елемента і напишіть електронні рівняння процесів, що проходять на кожній пластинці, а також загальне іонно-молекулярне рівняння реакції. Які продукти корозії утворюються?

17. Як впливає рН середовища на швидкість корозії заліза і цинку? Чому? Складіть електронні рівняння електродних процесів, що проходять при корозії цих металів у кислому, нейтральному і лужному середовищах.

18. У розчин електроліту, що містить розчинений кисень, занурили пластинку із чистого цинку і цинкову пластинку, частково покриту міддю. В якому випадку процес корозії буде проходити інтенсивніше? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, зазначте склад продуктів корозії.

19. Складіть схеми корозійних гальванічних елементів і напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів з кисневою і водневою деполяризацією під час корозії пари

алюміній–залізо. Які продукти корозії утворюються в обох випадках?

20. Як проходить корозія хромованого заліза і заліза, покритого шаром нікелю, якщо цілісність покриття порушена? Складіть схеми корозійних гальванічних елементів і напишіть електронні рівняння процесів, що проходять у кожному випадку. Які продукти корозії утворюються?

21. Якщо на сталевий виріб нанести краплину води, то корозії піддається та частина змоченого металу, що знаходиться усередині, безпосередньо під краплиною. Після висихання води на металі з'являється іржава пляма. Чим це можна пояснити? Яка ділянка металу під краплиною – зовнішня чи центральна – є анодом, а яка – катодом? Складіть електронні рівняння електродних процесів.

22. На основі відповідних розрахунків доведіть, що при  $\text{pH}=10$  цинк піддається корозії, а золото – ні. Розрахунки поясніть.

23. Чи можливе проходження корозії олова у водному розчині з  $\text{pH}=6$  при контакті з повітрям? При яких значеннях  $\text{pH}$  олово буде кородувати з виділенням водню?

24. Чому магній піддається корозії у розчині хлориду натрію при контакті з повітрям? Напишіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

25. Наведіть приклади металів, здатних до корозії з водневою деполяризацією у водному розчині, в якому водневий показник дорівнює: а)  $\text{pH}=2$ ; б)  $\text{pH}=7$ ; в)  $\text{pH}=10$ .

26. Наведіть приклади металів, здатних до корозії з кисневою деполяризацією у водному розчині, в якому водневий показник дорівнює: а)  $\text{pH}=1$ ; б)  $\text{pH}=5$ ; в)  $\text{pH}=8$ .

27. Чому у залізній тарі можна зберігати концентровану сірчану кислоту, однак не можна зберігати розведену  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?

28. Чим пояснюється стійкість до корозії нікелю у розчинах з лужним середовищем?

29. Який метал може відігравати роль протектора при захисті заліза від корозії у водному розчині з  $\text{pH}=10$  при контакті з повітрям? Напишіть електронні рівняння електродних процесів.

30. Запропонуйте метал, яким можна покрити виріб із олова, щоб він не руйнувався у 1М розчині КОН за наявності контакту з повітрям.

31. Наведіть приклади анодних і катодних покриттів для кобальту. Складіть електронні рівняння електродних процесів, що проходять при корозії кобальту з анодним і катодним покриттям у вологому повітрі та в солянокислому середовищі при порушенні суцільності покриття.

32. Мідь покрита оловом і перебуває у солянокислому середовищі. Внаслідок руйнування покриття утворюється корозійний гальванічний елемент, в якому сила струму дорівнює 7,5А. Наведіть схему цього гальванічного елемента, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть масу олова, що розчиниться, і об'єм водню, який виділиться протягом 25хв проходження корозії.

33. Олово сполучене з сріблом. Який метал буде окиснюватися, якщо ця пара металів потрапить у лужне середовище? Відповідь дайте на основі обчислень ЕРС і  $\Delta G^{\circ}_{298}$  корозійного гальванічного елемента. Наведіть схему гальванічного елемента, напишіть електронні рівняння електродних процесів.

## X ХІМІЯ ЕЛЕМЕНТІВ

### X.1 s-ЕЛЕМЕНТИ

1. При нагріванні з графітом кальцій та берилій утворюють карбіди різних типів – відповідно ацетиленіди і метаніди, належність до яких зумовлюється складом



продуктів їх гідролізу – відповідно  $C_2H_2$  і  $CH_4$ . З урахуванням того, що у кальцій(II) карбіді атоми Карбону виявляють ступінь окиснення  $-1$ , а у берилій(II) карбіді –  $-4$ , напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій добування зазначених карбідів, а також рівняння реакцій їх гідролізу.

2. Чим пояснюється підвищена стійкість ступеня окиснення  $+1$  у s-елементів ІА-підгрупи періодичної системи? Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються при взаємодії натрію з простими речовинами: воднем, киснем, сіркою і азотом. Якого ступеня окиснення набуває окисник у кожній реакції? До яких класів сполук належать продукти, що утворюються?

3. До яких класів належать речовини, що утворюються при згорянні у чистому кисні лужних металів  $Li$ ,  $Na$  і  $K$ ? Що відбувається при дії на ці сполуки: а) водою; б) соляною кислотою? Напишіть відповідні рівняння реакцій, беручи до уваги, що Окисген ( $O^{-1/2}$ ) у надпероксиді калію при взаємодії з  $H_2O$  і  $HCl$  піддається диспропорціонуванню до ступенів окиснення  $-1$  і  $0$ .

4. Літій гідрид одержують при нагріванні літій нітриду в атмосфері водню, а натрій гідрид – при сплавленні металевого натрію з їдким натром  $NaOH$ . Напишіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій. Що відбувається при обробці водою  $NaNH_2$  і  $Li_3N$ ?

5. За умов високих температур лужні та лужноземельні метали відновлюють солі оксигенвмісних кислот, причому внаслідок таких реакцій окисник відновлюється до мінімального чи досить низького ступеня окиснення. Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, які проходять при сплавленні: а)  $K+K_2SO_4 \rightarrow \dots$ ; б)  $Na+NaNO_3 \rightarrow \dots$

6. Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються при взаємодії: а) берилію з розчином лугу; б) магнію з концентрованою сірчаною кислотою; в) кальцію з розведеною азотною кислотою.

7. Завдяки сильним відновним властивостям магній, барій і кальцій використовують у металотермії для вилучення металів з їх сполук. Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій: а)  $\text{Mg} + \text{TiCl}_4 \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{Mg} + \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \dots$

8. Якщо через розжарений кальцій карбід  $\text{CaC}_2$  пропустити водяну пару, то утворюються кальцій карбонат, водень і  $\text{CO}$ , а якщо на нього подіяти водою за звичайних умов – виділяється ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$ . Напишіть рівняння зазначених реакцій, для окиснювально-відновної реакції складіть електронний баланс.

9. Магній добувають електролітичним методом або шляхом термічного відновлення мінералу доломіту  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$  кремнієм при  $2540^\circ\text{C}$ , при якому одним із продуктів є сіль ортокремнієвої кислоти. Напишіть рівняння реакцій: а) електролізу розплаву  $\text{MgCl}_2$ ; б)  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 + \text{Si} \rightarrow \dots$

10. Наведіть рівняння реакцій, що покладені в основу промислового добування лугів. При електролізі водного розчину натрій хлориду одержано 70 л 10,6% розчину натрій гідроксиду ( $\rho = 1,12 \text{ г/мл}$ ). Яка кількість  $\text{NaCl}$  піддалася перетворенню у  $\text{NaOH}$ ?

11. Напишіть молекулярне та електронні рівняння реакції добування соди шляхом спікання натрій сульфату з вугіллям та вапняком при високій температурі. Яку роль при цьому відіграють вугілля та вапняк?

12. Який хімічний склад мають речовини з технічними назвами: кальцинована сода, кристалічна сода, питна сода, каустична сода? Наведіть рівняння реакцій, що покладені в основу їх промислового добування.

13. Які сполуки літію, натрію та калію є малорозчинними? При додаванні розчину  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$  до 1 л розчину, що містить суміш солей  $\text{KCl}$  і  $\text{NaCl}$ , утворилося 1,5 г малорозчинної солі  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ . Обчисліть відсотковий вміст  $\text{KCl}$  у вихідному розчині.

14. Назвіть багатотоннажні хімічні виробництва, в яких використовують водень. На якій реакції ґрунтується застосування водню як пального для космічних ракетноносіїв?

15. Що таке поташ? Як його добувають і в яких виробництвах застосовують? Як одержати поташ, виходячи із таких речовин:  $K_2SO_4$ ,  $Ba(OH)_2$ ,  $CaCO_3$  і  $H_2O$ ? Складіть рівняння відповідних реакцій.

16. Як і чому змінюється хімічна активність металів ІІА-підгрупи у ряді  $Be-Mg-Ca-Sr-Ba$  щодо кисню, фтору, хлору, азоту? Наведіть відповідні рівняння реакцій.

17. Складіть рівняння реакцій, що відбуваються між магнієм і такими реагентами: а)  $H_2SO_{4(розв)}$ ; б)  $HNO_{3(розв)}$ ; в) розчин  $(NH_4)_2SO_{4(конц)}$ ; г) гаряча  $H_2O$ . Чим пояснити, що  $Mg$  не взаємодіє з холодною водою?

18. Чому при пропусканні вуглецевого газу через розчин кальцій хлориду осад не утворюється, а при пропусканні  $CO_2$  через розчин  $Ca(OH)_2$  випадає осад  $CaCO_3$ ? Складіть рівняння реакції у молекулярній та іонній формах.

19. Наведіть рівняння реакцій, що підтверджують амфотерний характер  $Be$ ,  $BeO$ ,  $Be(OH)_2$ .

20. Барій фосфід одержують у дуговій печі при відновлюванні барій ортофосфату графітом. Напишіть електронні та молекулярне рівняння відповідної реакції, зважаючи на те, що окисник відновлюється до свого мінімального ступеня окиснення, а відновник – до +2. Що утворюється при взаємодії барій фосфіду з водою?

21. Берилій оксид взаємодіє при сплавленні як з  $SiO_2$ , так і з  $Na_2O$ . Про які властивості  $BeO$  свідчать ці реакції? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

22. Які сполуки утворюються при згорянні кальцію на повітрі? Чому при змочуванні твердого продукту реакції водою виділяється значна кількість теплоти і відчувається запах амоніаку? Напишіть молекулярні рівняння відповідних реакцій. Для окиснювально-відновних реакцій складіть

електронний баланс, а для реакцій у розчині – йонно-молекулярні рівняння.

23. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються при одержанні кальцій гідроксиду із: чистого металу, оксиду, гідриду, нітриду, пероксиду, сульфату кальцію.

24. Наявністю яких солей зумовлюється тимчасова і постійна жорсткість води? За рахунок якої реакції на стінках посуду виникає накип при кип'ятінні природної води? Перелічіть способи боротьби із жорсткістю води.

25. Яка маса  $\text{CaSO}_4$  міститься у  $1\text{ м}^3$  води, жорсткість якої, що зумовлена наявністю цієї солі, складає 4 м-екв/л?

26. Обчисліть карбонатну жорсткість води, якщо відомо, що на титрування 100мл води, яка містить кальцій гідрогенкарбонат, необхідно витратити 6,25мл 0,08н розчину хлороводневої кислоти.

27. Розрахуйте жорсткість води, в одному літрі якої міститься 0,324г кальцій гідрогенкарбонату. Скільки грамів соди необхідно додати до  $2\text{ м}^3$  такої води, щоб позбутися жорсткості?

28. Чому дорівнює жорсткість води, якщо для її усунення було потрібно додати до 100л води 15,9г соди?

29. Мінеральна вода містить в одному літрі 0,3894г йонів кальцію та 0,0844г йонів магнію. Якою є жорсткість цієї води?

30. Які хімічні реакції будуть відбуватися при:  
а) кип'ятінні жорсткої води, що містять кальцій та магній гідрогенкарбонати; б) додаванні до неї соди; в) додавання до неї натрій гідрогенкарбонату? Напишіть молекулярні та йонні рівняння відповідних реакцій.

### ***X.2 p-ЕЛЕМЕНТИ***

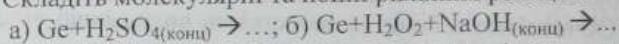
1. За умов високої температури алюміній взаємодіє з простими речовинами  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{C}$ . До яких класів належать продукти, що при цьому утворюються? Що відбуватиметься при обробці водою одержаних продуктів?



Напишіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій, зважаючи на те, що окисник в кожній з них відновлюється до свого мінімального ступеня окиснення.

2. Олово розчиняється у концентрованій соляній кислоті на відміну від свинцю, який майже не взаємодіє з HCl. Чим це можна пояснити? У той самий час Sn і Pb вступають у реакції з концентрованими розчинами: а) HNO<sub>3</sub>; б) NaOH. Напишіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

3. Чому германій не взаємодіє з розведеною сірчаною кислотою, а в концентрованій H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> добре розчиняється? Складіть молекулярні та йонні рівняння реакцій:



4. Касетирид SnO<sub>2</sub> – природний мінерал олова. Його використовують: а) для переведення олова у розчинний стан при сплавленні SnO<sub>2</sub> із сумішшю сірки і соди, внаслідок чого утворюється натрій тіостанат Na<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub>; б) для добування чистого олова при прожарюванні SnO<sub>2</sub> із графітом при 1000°C. Напишіть молекулярні та електронні рівняння відповідних реакцій.

5. Який ступінь окиснення і чому найбільш характерний для олова? Напишіть електронні та молекулярні рівняння таких реакцій: а)  $\text{Sn} + \text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{Sn} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow \dots$ ; в)  $\text{Sn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ; г)  $\text{Sn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \dots$

6. За яких умов германій, свинець і олово утворюють гідросокомплексні сполуки? Чим можна пояснити різне відношення цих металів до розчинів лугів? Напишіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

7. Калій метабісмутат, який належить до сильних окисників, одержують, пропускаючи хлор через суспензію бісмут(+3) гідроксиду за наявності луку. Зважаючи на це, напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій: а)  $\text{Bi}(\text{OH})_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{KBiO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$

8. Які ступені окиснення і чому характерні для сполук талію та галію? Чому при дії сірководнем на талій(+3) хлорид

випадає чорний осад  $Tl_2S$ , а при розчиненні у воді галій(+2) хлориду виділяється водень? Напишіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

9. Що називається алюмотермією? Напишіть електронні та молекулярні рівняння відновлення чистих металів за допомогою алюмінію із магнетиту  $Fe_3O_4$  і гаусманіту  $Mn_3O_4$ . Для складання електронних рівнянь магнетит  $Fe_3O_4$  зручніше розглядати як сіль ферум(II) ферит  $Fe(FeO_2)_2$ , а гаусманіт  $Mn_3O_4$  – як сіль манган(II) манганіт  $Mn(MnO_2)_2$ .

10. Літій алюмогідрид (аланат)  $LiAlH_4$  одержують при взаємодії літій гідриду  $LiH$  з розчином  $AlCl_3$  в зневодженому етері, а літій боргідрид  $LiBH_4$  (боронат) утворюється внаслідок реакції  $LiH$  з дибораном  $B_2H_6$ . Напишіть рівняння відповідних реакцій. Чи належать вони до окиснювально-відновних?

11. Складіть рівняння реакцій, що проходять при взаємодії: а) алюміній нітриду з розчином їдкою натру; б) розведених розчинів натрій сульфїду і алюміній сульфату.

12. Тетрафтороборна кислота у чистому вигляді не одержана, вона є стійкою тільки у водних розчинах. Запропонуйте рівняння реакцій добування  $HBF_4$ : а) внаслідок гідролізу  $BF_3$ ; б) виходячи з борної кислоти  $H_3BO_3$ .

13. Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій, що відбуваються при розчиненні: а) бору в концентрованій  $HNO_3$ ; б) алюмінію в розчині  $NaOH$ .

14. Які сполуки називаються карбідами і силіцидами, як вони утворюються і класифікуються, які властивості виявляють? Напишіть рівняння реакцій: а) кальцій та алюміній карбідів з водою; б) магній силіциду з соляною кислотою.

15. Кремній карбід  $SiC$  (карборунд) – хімічно стійка речовина. Однак за наявності кисню він здатний взаємодіяти з розплавленими лугами. Складіть молекулярні та електронні

рівняння цього процесу з урахуванням того, що Карбон набуває максимального ступеня окиснення.

16. Як одержують карбон(II) оксид? На якій властивості базується його застосування у металургії? Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій CO: а) з хлором, внаслідок чого утворюється фосген  $\text{COCl}_2$ ; б) з амоніаком  $\text{NH}_3$  при  $500^\circ\text{C}$  на каталізаторі  $\text{ThO}_2$  при добуванні синільної кислоти HCN.

17. Натрій ціанід  $\text{NaCN}$  одержують у промисловості при відновлюванні соди  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  графітом за наявності амоніаку  $\text{NH}_3$ . Складіть молекулярні та електронні рівняння цієї реакції.

18. Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій добування калій роданіду  $\text{KCNS}$ : а) внаслідок взаємодії калій ціаніду  $\text{KCN}$  з амоній дисульфідом  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ ; б) при кип'ятінні розчину  $\text{KCN}$  з сіркою. Зазначте зміну ступенів окиснення Карбону і Сульфуру в цих реакціях.

19. Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій: а) кремнію з розчином лугу; б) окиснення силану  $\text{SiH}_4$  киснем.

20. Наведіть графічні формули оксидів  $\text{Pb}_2\text{O}_3$  і  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , вважаючи їх неіснуючими у природі солями мета- і ортосвинцевих кислот (відповідно  $\text{H}_2\text{PbO}_3$  і  $\text{H}_4\text{PbO}_4$ ):  $\text{Pb}_2\text{O}_3$  – плюмбум(II) метаплюмбатом(VI), а  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  – плюмбум(II) ортоплюмбатом(VI). Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій, що проходять при взаємодії сурику  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ : а) з розведеним розчином  $\text{HNO}_3$ ; б) з розчином  $\text{KI}$  за наявності  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

21. Чим зумовлюються окиснювальні властивості діоксиду свинцю? На основі електронного балансу закінчіть молекулярні рівняння реакцій: а)  $\text{PbO}_2 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \dots$ ; б)  $\text{PbO}_2 + \text{HCl}_{(\text{конц})} \rightarrow \dots$

22. Які сполуки називаються арсенідами, антимонідами, бісмутідами? Запропонуйте способи одержання з них

відповідно арсину, стибіну, бісмутину. Як і чому змінюються відновні властивості та міцність зв'язків у ряді сполук  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{SbH}_3$ ,  $\text{BiH}_3$ ? Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій: а) згоряння стибіну на повітрі; б) взаємодії арсину з азотною кислотою, зважаючи на те, що Арсен окиснюється максимально.

23. Які властивості та чому може виявляти в окиснювально-відновних реакціях  $\text{As}_2\text{O}_3$ ? Напишіть молекулярні та електронні рівняння реакцій  $\text{As}_2\text{O}_3$ : а) з азотною кислотою; б) з цинком у солянокислому середовищі, беручи до уваги, що Арсен(+3) окиснюється (а) і відновлюється (б) максимально.

24. Елементарні селен і телур можна одержати із селенової та телурової кислот при дії на них сильними відновниками. Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій: а)  $\text{H}_6\text{TeO}_6 + \text{SO}_2 \rightarrow$ ; б)  $\text{H}_2\text{SeO}_4 + \text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow$ ...

25. Чи можна використовувати азотну кислоту для добування сірководню із сульфідів? Чому? Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій: а)  $\text{FeS} + \text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow$ ...; б)  $\text{CuS} + \text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow$ ... При написанні рівняння (а) візьміть до уваги, що одночасно із Сульфуром відбувається окиснення і Феруму.

26. Яка із галогеноводневих кислот є найсильнішим відновником? Чому? Чи можливо добування чистих  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  і  $\text{HI}$  при дії концентрованою сірчаною кислотою на кристалічні  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaBr}$  і  $\text{KI}$ ? Які реакції при цьому відбуваються? Складіть електронні та молекулярні рівняння.

27. Наведіть формули і назви оксигенвмісних кислот хлору. Яка з них є найсильнішою кислотою, а яка виявляє окиснювальні властивості більшою мірою? Складіть електронні та молекулярні рівняння реакції, що проходить при взаємодії амоніаку з калій хлоратом у лужному середовищі.



28. У лабораторних умовах чистий кисень одержують при розкладанні однієї з таких солей: а) калій перманганат; б) калій хлорат; в) калій дихромат. Складіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

29. Чому гідроген пероксид здатний виявляти як відновні, так і окисні властивості? Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій взаємодії гідроген пероксиду: а) з розчином KI; б) з  $\text{KMnO}_4$  за наявності сірчаної кислоти; в) з  $\text{Ag}_2\text{O}$ ; г)  $\text{PbS}$ .

30. Чому дорівнюють ступені окиснення Оксигену в сполуках:  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}_4$ ,  $\text{KO}_3$ ? Як називається кожна з цих сполук? Натрій пероксид здатний поглинати амоніак, максимально окиснюючи його. Складіть електронні та молекулярні рівняння відповідної реакції.

31. Олово в азотній кислоті окиснюється до  $\text{Sn(II)}$  чи  $\text{Sn(IV)}$ , причому в розведеній  $\text{HNO}_3$  утворюється станум(II) нітрат, а в концентрованій азотній кислоті – олов'яна кислота  $\text{H}_2\text{SnO}_3$ . У першому випадку Нітроген відновлюється до  $\text{N(+2)}$ , а другому – до  $\text{N(+4)}$ . Напишіть молекулярні та електронні реакції, що при цьому проходять.

32. Наведіть приклади реакцій, в яких сірка виявляє себе: а) окисником; б) відновником.

33. Які умови сприяють диспропорціюванню неметалів? Чим пояснити, що  $\text{F}_2$  не може диспропорціювати, а  $\text{Cl}_2$  – може? Складіть молекулярні та електронні рівняння реакцій взаємодії  $\text{Cl}_2$  з  $\text{KOH}$ , в яких Хлор одночасно: а) окиснюється до +1 і відновлюється до -1; б) окиснюється до +5 і відновлюється до -1.

34. Напишіть рівняння реакцій, що доводять амфотерний характер алюмінію при його взаємодії з: а) сірчаною кислотою; б) розчином лугу; в) розплавом лугу.

35. Наведіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій, що підтверджують амфотерні властивості  $\text{Al(OH)}_3$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### Х.3 d-ЕЛЕМЕНИ і f-ЕЛЕМЕНТИ

1. Паладій на відміну від платини легко розчиняється в азотній та гарячій концентрованій сірчаній кислоті. Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що проходять при взаємодії паладію з сірчаною кислотою, а платини – з царською горілкою. При цьому візьміть до уваги найбільш характерний ступінь окиснення зазначених металів.

2. Металеві паладій і платина можуть бути одержані з їх хлоридів при дії сильних відновників. З урахуванням цього напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються при взаємодії таких речовин:

а)  $\text{PdCl}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{PtCl}_4 + \text{SnCl}_2 + \text{HCl} \dots$

3. Порошок платини був сплавлений з їдким натром  $\text{NaOH}$  і натрій пероксидом  $\text{Na}_2\text{O}_2$ . Сплав обробили соляною кислотою. Яку сполуку одержали внаслідок перелічених операцій? Складіть молекулярні та електронні рівняння реакції.

4. Іридій на відміну від кобальту і родію утворює стійкі сполуки, в яких він виявляє ступінь окиснення +4 і +6. Виходячи з цього, складіть молекулярні та електронні рівняння реакцій: а)  $\text{Ir} + \text{Cl}_2 + \text{KCl} \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{Ir}(\text{OH})_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ; в)  $\text{IrF}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ir}(\text{OH})_4 + \dots$ ; г)  $\text{IrF}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClF} + \dots$

5. Зобразіть графічну формулу магнетиту  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , вважаючи його ферум(II) феритом  $\text{Fe}(\text{FeO}_2)_2$ , і на основі цього напишіть рівняння реакцій, що проходять при взаємодії  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  з соляною і азотною кислотами. Яка з реакцій належить до окиснювально-відновних?

6. Рутеній та осмій є стійкими до дії всіх кислот та їх сумішей, але при сплавленні з лугами за наявності окисників переходять у відповідні рутенати(+6) і осмати(+6). Виходячи з цього, складіть молекулярні та електронні рівняння реакцій: а)  $\text{Ru} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{Os} + \text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots$

7. Який ступінь окиснення можуть виявляти у своїх сполуках Купрум, Аргентум і Аурум? Який ступінь окиснення є найбільш характерним для кожного з цих металів? Чому? Складіть молекулярні та електронні рівняння реакцій, що відбуваються при: а) розчиненні золота у гарячій селеновій кислоті  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ; б) взаємодії міді з концентрованою сірчаною кислотою; в) розчиненні срібла у розведеної азотній кислоті.

8. Складіть рівняння реакцій цинку: а) з концентрованим розчином  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; б) з  $\text{NaOH}$  при сплавленні; в) з надлишком дуже розведеної азотної кислоти.

9. Як взаємодіють цинк, кадмій та ртуть з водою, лугами, розведеною та концентрованою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Складіть відповідні електронні та молекулярні рівняння реакцій.

10. Завдяки високим відновним властивостям цинковий пил при кип'ятінні з сильно лужними розчинами нітратів відновлює їх максимально. Зважаючи на це, складіть молекулярні та електронні рівняння реакції  $\text{Zn}$  з  $\text{KNO}_3$  за наявності надлишку концентрованого розчину  $\text{KOH}$ .

11. Металевий хром добувають алюмотермічним відновленням  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . У свою чергу, для одержання  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  хромистий залізняк  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$  сплавають з содою  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  за наявності  $\text{O}_2$ . Натрій хромат  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , що при цьому утворюється, переводять у дихромат  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , а його відновлюють вугіллям до  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Напишіть рівняння всіх перелічених реакцій, для окиснювально-відновних реакцій складіть електронний баланс, а для реакцій, які проходять у розчині – йонно-молекулярні рівняння.

12. Які ступені окиснення може виявляти у своїх сполуках Хром? Як змінюються окиснювально-відновні та кислотно-основні ознаки оксидів і гідроксидів хрому при підвищенні ступеня окиснення? На якій властивості сполук хрому(+2) ґрунтується застосування солянокислих розчинів  $\text{CrCl}_2$  для

поглинання кисню? Складіть електронні та молекулярні рівняння реакції.

13. Як взаємодіють з розведеними і концентрованими кислотами марганець, технецій, реній? Складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій, що проходять при взаємодії марганцю і ренію з азотною кислотою, беручи до уваги, що Манган окиснюється до ступеня окиснення +2, а Реній – до +7.

14. Сполуки ферум(+3) при сплавленні з окисниками у лужному середовищі дають ферати(+6), які належать до сильних окисників. З урахуванням цього складіть молекулярні та електронні рівняння реакцій: а)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ; б)  $\text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + \dots$

15. Виявляючи стійкість щодо мінеральних кислот, ніобій і тантал добре розчиняються у суміші  $\text{HF}$  і  $\text{HNO}_3$ , а також у концентрованих розчинах лугів за наявності окисників. На основі електронних рівнянь закінчіть рівняння таких реакцій: а)  $\text{Ta} + \text{HF} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2[\text{TaF}_7] + \dots$ ; б)  $\text{Nb} + \text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNbO}_3 + \dots$

16. Які ступені окиснення і чому здатні виявляти у своїх сполуках Титан, Цирконій та Гафній? Чому чорний  $\text{Ti}(\text{OH})_2$  на повітрі набуває темно-коричневого забарвлення, яке поступово переходить у біле? Чому фіолетовий  $\text{TiCl}_3$  на повітрі теж стає білим? Напишіть електронні та молекулярні рівняння всіх реакцій, беручи до уваги властивість титану(+4) утворювати оксокатіон титаніл  $\text{TiO}^{2+}$ .

17. Чисті титан(+3) і титан(+4) нітриди мають високу твердіть і електропровідність. Закінчіть рівняння реакцій добування таких нітридів: а)  $\text{TiO}_2 + \text{C} + \text{N}_2 \rightarrow \text{TiN} + \dots$ ; б)  $\text{TiCl}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Ti}_3\text{N}_4 + \dots$

18. Напишіть рівняння реакцій: а) прожарювання титану на повітрі; б) сплавлення діоксиду титану з лугом; в) розчинення діоксиду титану в концентрованій сірчаній кислоті, при якому утворюється титанілсульфат  $\text{TiOSO}_4$ . Про



які властивості  $TiO_2$  свідчить його здатність взаємодіяти з кислотами і лугами?

19. При підкисленні соляною кислотою і внесенні металевого цинку жовтий розчин амоній метаванадату у міру відновлення йона  $VO_3^-$  поступово набуває синього, зеленого і фіолетового забарвлення, що зумовлюється почерговим утворенням йонів  $VO^{2+}$ ,  $V^{3+}$ , і  $V^{2+}$ . Напишіть електронні і молекулярні рівняння поетапного відновлення  $NH_4VO_3$  цинком за наявності  $HCl$ .

20. До яких класів належать сполуки, що утворюються при дії надлишку розчину  $NaOH$  на продукти взаємодії  $Zn$ ,  $Cd$ ,  $Hg$  з розведеною азотною кислотою? Напишіть молекулярні та електронні рівняння для окиснювально-відновних реакцій, та йонні рівняння – для обмінних реакцій.

21. Якщо до розчину  $Cr_2(SO_4)_3$  долити надлишок  $NaOH$ , то спочатку випадає осад, який швидко розчиняється при подальшому додаванні лугу. При додаванні бромиду до одержаного розчину його забарвлення із зеленого перетворюється на жовте. А якщо жовтий розчин нейтралізувати сірчаною кислотою, він стає жовтогарячим. Напишіть рівняння всіх зазначених реакцій. Для окиснювально-відновних реакцій складіть електронний баланс, а для обмінних реакцій – йонно-молекулярні рівняння.

22. Червону кров'яну сіль неможливо одержати внаслідок безпосередньої взаємодії сполук ферум(+3) з калій ціанідом, оскільки  $KCN$  за таких умов окиснюється до  $CO_2$ , а замість  $K_3[Fe(CN)_6]$  утворюється  $Fe(CN)_2$ . Зважаючи на це, складіть електронні та молекулярні рівняння реакцій: а)  $FeCl_3 + KCN + H_2O \rightarrow NH_4Cl + \dots$ ; б)  $K_4[Fe(CN)_6] + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \dots$

23. Як впливає реакція середовища на характер відновлення калій перманганату? Напишіть електронні та молекулярні рівняння реакцій відновлення  $KMnO_4$  натрій сульфідом у кислому, нейтральному і лужному середовищах.

24. Для очищення від домішок  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  боксит сплавляють з  $\text{NaOH}$ , обробляють сплав водою і через одержаний розчин пропускають  $\text{CO}_2$ . Осад, що утворився, відфільтровують і прожарюють. Напишіть рівняння всіх реакцій та зазначте, на якій стадії процесу відбувається відділення  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

25. Цирконій(IV) хлорид добувають при прожарюванні суміші  $\text{ZrO}_2$  з вугіллям в атмосфері хлору. Складіть електронні та молекулярні рівняння реакції. Чому при розчиненні одержаного твердого продукту у воді розчин набуває кислій реакції середовища?

26. Як одержати чисті ванадій, ніобій і тантал? Напишіть рівняння реакцій розчинення  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  і  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  у концентрованих розчинах  $\text{NaOH}$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Про які властивості зазначених оксидів свідчать ці реакції?

27. Закінчіть рівняння реакцій: а)  $\text{VCl}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;  
б)  $\text{TaCl}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ; в)  $\text{Ta}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ta}(\text{OH})_5 + \dots$ . Чи належать ці реакції до одного типу?

28. При тривалому зберіганні розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , підкисленою концентрованою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , в осад випадають темно-червоні голкоподібні кристали хром(VI) оксиду. Чим відрізняється взаємодія  $\text{CrO}_3$  з концентрованим розчином соляної кислоти і з газуватим хлороводнем? Складіть рівняння відповідних реакцій.

29. Чим пояснити, що при взаємодії заліза із соляною і розведеною сірчаною кислотою утворюються солі  $\text{Fe}(+2)$ , а при розчиненні заліза у помірно концентрованих розчинах сірчаної та азотної кислот –  $\text{Fe}(+3)$ ? Складіть молекулярні та електронні рівняння відповідних реакцій.

30. Які ступені окиснення виявляє Ферум у сполуках? За допомогою яких реакцій можна довести наявність йонів  $\text{Fe}(+2)$  і  $\text{Fe}(+3)$  у розчинах? Складіть необхідні молекулярні та йонні рівняння якісних реакцій на сполуки  $\text{Fe}(+2)$  і  $\text{Fe}(+3)$ .

31. Охарактеризуйте кислотно-основні властивості гідроксидів Fe(II) і Fe(III) на прикладі їх взаємодії з сірчаною кислотою і сплавлення  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  з KOH.

32. Чому цинк взаємодіє з розведеною і концентрованою сірчаною кислотою, а срібло – тільки з концентрованою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Складіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

33. Цинк і хром(III) гідроксиди є амфотерними основами. Наведіть приклади молекулярних та йонних рівнянь реакцій, що підтверджують амфотерність  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  і  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

34. Охарактеризуйте окисно-відновні властивості сполук Fe(II). Чому осад  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , який у момент одержання має зеленувате забарвлення, при зберіганні на повітрі поступово буріє? Чому при змішуванні підкислених розчинів  $\text{FeSO}_4$  і  $\text{KMnO}_4$  калій перманганат швидко знебарвлюється? Складіть молекулярні та електронні рівняння відповідних реакцій.

35. Які ступені окиснення та чому характерні для лантаноїдів? Дайте аргументоване пояснення, виходячи із особливостей будови атомів f-елементів.

36. Чому європей знаходиться у природі в основному в кальцієвих мінералах і майже ніколи не входить до складу мінералів, що містять інші лантаноїди?

37. При нагріванні оксидів металів-лантаноїдів(III) складу  $\text{Me}_2\text{O}_3$  з оксидами, карбонатами і нітратами літію та натрію при  $400-1000^\circ\text{C}$  утворюються сполуки загального складу  $\text{LiMeO}_2$  і  $\text{NaMeO}_2$ . Складіть рівняння відповідних реакцій. Про які властивості оксидів  $\text{Me}_2\text{O}_3$  – кислотні чи основні – свідчать ці реакції?

38. Окиснення церій(III) нітрату калій перманганатом відбувається у лужному середовищі. Напишіть рівняння відповідної реакції та обчисліть, яка кількість  $\text{CeO}_2$  утворилася, якщо було витрачено 25мл 0,2н розчину  $\text{KMnO}_4$ .

39. У кислих розчинах сполуки Церію(IV) поведуть себе як сильні окисники. Напишіть рівняння реакції взаємодії

$\text{Ce}(\text{OH})_4$  з соляною кислотою, зважаючи на те, що відновлення Церію(IV) відбувається до  $\text{Ce}^{+3}$ . Розрахуйте масу церій(IV) гідроксиду, який вступив у реакцію, якщо внаслідок неї виділилося 3,584л  $\text{Cl}_2$  (н.у.), причому втрата хлору складає 20%.

40. Чим можна пояснити, що для актиноїдів притаманна більша різноманітність ступенів окиснення порівняно з лантаноїдами? Як змінюється вищий ступінь окиснення при переході від Th до Zr?

41. Наведіть приклади сполук, в яких актиноїди виявляють такі ступені окиснення: +2, +3, +4, +5, +6, +7 та назвіть їх.

42. Як змінюються кислотно-основні властивості оксидів і гідроксидів урану в міру підвищення ступеня окиснення U? Для відповіді наведіть рівняння реакцій.

43. Наведіть приклади окиснювально-відновних реакцій за участю актиноїдів і дайте необхідні пояснення щодо окиснювально-відновних властивостей сполук, утворених актиноїдами.

44. Сполуки Урану(III) є сильними відновниками, уран(III) хлорид навіть розкладає воду з утворенням уран(IV) дигідроксохлориду  $\text{U}(\text{OH})_2\text{Cl}_2$ , водню і хлороводневої кислоти. Напишіть рівняння реакції та обчисліть масу  $\text{UCl}_3$ , що вступив у реакцію з  $\text{H}_2\text{O}$ , якщо внаслідок реакції утворилося 200мл 0,2н  $\text{HCl}$ .

45. Складіть рівняння реакції за участю сполук Церію(III) і Церію(IV): а)  $[\text{Ce}(\text{H}_2\text{O})_8]^{3+} + \text{ClO}^- \rightarrow \text{CeO}_2 + \dots$ ;  
б)  $\text{CeO}_2 + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$ ; в)  $\text{Ce}_2\text{O}_3 + \text{HNO}_3 + \text{NaBiO}_3 \rightarrow \dots$



Навчальне видання

## ЗБІРНИК

індивідуальних завдань з курсу «Хімія»  
для студентів усіх спеціальностей  
денної форми навчання

Укладачі: Лариса Іванівна Марченко,  
Любов Сергіївна Манжос

Редактор Н.В.Лисогуб

Комп'ютерне верстання А.Ю. Панасюк

Підп. до друку 13.07.2007, поз. 268.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Суг. Друк офс.

Ум. друк. арк. 688. Обл.-вид. арк. 542.

Тираж 100 пр. Собівартість вид. 8 грн 10 к.

Зам. № 922.

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті

40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру

ДК № 2365 від 08.12.2005.

Надруковано у друкарні СумДУ

40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2.