

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ В. Г. КОРОЛЕНКА**

**Факультет природничих наук та менеджменту**

**Кафедра хімії та методики навчання хімії**

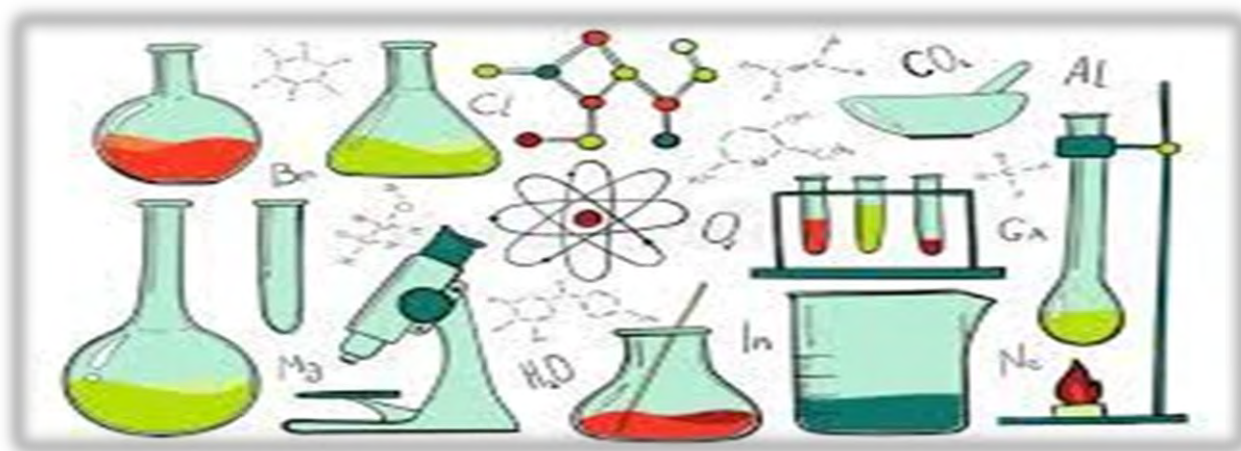
**Навчальний посібник**

**для проведення лабораторних занять та самостійної роботи з навчальної  
дисципліни**

**«Методика розв'язування задач з хімії»**

**підготовки здобувачів освітнього ступеня «бакалавр»**

Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.15 Середня освіта (Природничі науки)
Освітня програма	«Середня освіта (Природничі науки)»



2023 рік

УДК 54(072.3)(075.8)

*Затверджено на засіданні Вченої ради Полтавського національного педагогічного  
університету імені В.Г. Короленка  
(протокол №14 від 30 червня 2023 року)*

Укладачі:

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка Шиян Надія Іванівна

старший викладач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка Куленко Олена Анатоліївна

РЕЦЕНЗЕНТИ:

кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету Крикунова Валентина Юхимівна.

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка Стрижак Світлана Володимирівна.

Шиян Н.І., Куленко О.А.

Методика розв'язування задач з хімії : навчальний посібник. – Полтава: ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2023. – 121 с.

Навчальний посібник містить матеріал для підготовки до лабораторних занять та самостійної роботи здобувачів освіти спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки): теоретичні питання для самостійної підготовки студентів, методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт, завдання для самостійної роботи, приклади розв'язування завдань, контрольні питання та список рекомендованої літератури для підготовки.

© Шиян Н.І., Куленко О.А. 2023

© Полтавський національний педагогічний  
університет імені В.Г. Короленка, 2023

### Основні позначення фізичних величин та формули для їх визначення

$A_r$  – відносна атомна маса;  $M_r$  – відносна молекулярна маса;  $W$  – масова частка;  $\square$  – об’ємна частка;  $\square$  – мольна частка;  $C$  – молярна концентрація;  $m$  – маса речовини;  $m(a)$  – маса одиничного атома або одиничної молекули в кілограмах або грамах;  $\square$  – вихід продукту реакції від теоретично можливого;  $\square$  – густина;  $V$  – об’єм;  $\square$  – кількість речовини;  $N$  – число структурних частинок (атомів, йонів або молекул) у даній речовині;  $N_A$  – стала Авогадро, яка дорівнює  $6,022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>;  $M$  – молярна маса речовини;  $V_m$  – молярний об’єм газів;  $D$  – відносна густина газів

Фізична величина	Позначення	Формула для її визначення	Одиниці виміру
відносна атомна маса	$A_r$	$A_r = \frac{m(\text{атома})}{\frac{1}{12} m(^{12}\text{C})}$	
відносна молекулярна маса	$M_r$	$M_r = \square A_r$ ; $M_r(\text{суміші}) = \square_1 M_{r1} + \square_2 M_{r2} + \dots$ $M_r(\text{спол.}) = \frac{A_r(\text{ел.}) \cdot N(\text{ел.})}{W(\text{ел.})}$	–
масова частка	$W$	$W = \frac{m(\text{розч. реч.})}{m(\text{р-ну})}$ ; $W = \frac{m(\text{чист. реч.})}{m(\text{суміші})}$ ; $W(\text{ел.}) = \frac{A_r(\text{ел.}) \cdot N(\text{ел.})}{M_r(\text{сполуки})}$	–
об’ємна частка	$\square$	$\square = \frac{V(\text{розч. реч.})}{V(\text{р-ну})}$ ; $\square = \frac{V(\text{чист. реч.})}{V(\text{суміші})}$	–
мольна частка	$\square$	$\square = \frac{\square(\text{чист. р-ну})}{\square(\text{суміші})}$	–
молярна концентрація	$C$	$C = \frac{\square}{V}$	моль/л
густина	$\square$	$\square = \frac{m}{V}$ ; $\square = \frac{M}{V_m}$	г/см <sup>3</sup>
об’єм	$V$	$V = \frac{m}{\square}$ ; $V = \square \cdot V_m$	л, см <sup>3</sup>
кількість речовини	$\square$	$\square = \frac{m}{M}$ ; $\square = \frac{V}{V_m}$ ; $\square = \frac{N}{N_A}$	моль
число атомів або молекул у даній речовині	$N$	$N = \square \cdot N_A$	–
число атомів даного елемента у молекулі (структурній частинці) даної речовини	$N(\text{ел.})$	$N(\text{ел.}) = \frac{W(\text{ел.}) \cdot M_r(\text{спол.})}{A_r(\text{ел.})}$	
відносна густина одного газу за іншим	$D$	$D = \frac{M_1}{M_2}$ ; $D = \frac{\square_1}{\square_2}$	–
маса	$m$	$m = \square \cdot V$ ; $m = \square \cdot M$ ; $m(\text{реч.}) = W \cdot m(\text{р-ну})$	кг, г

вихід продукту реакції від теоретично можливого	<input type="checkbox"/>	$\square = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})};$ $\square = \frac{\square(\text{практ.})}{\square(\text{теорет.})}$	
--	--------------------------	--	--

## Змістовий модуль 1. Методика розв'язування задач за хімічними формулами речовин та на суміші

### Тема 1. Методика розв'язування задач за хімічною формулою.

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на знаходження елемента за відомою його масовою часткою та складу газоподібної суміші за її відносною густиною.

#### Семинарська частина

1. Обчислення масової частки елемента у сполуці.
2. Знаходження відносної атомної маси елемента чи формули речовини за масовою часткою елемента у сполуці.
3. Установлення складу газоподібної суміші за її відносною густиною.

#### Зразки розв'язків задач

**Задача 1.** Скільки молекул і атомів міститься в 11,2 л дигідрогенсульфіду за н.у.?

$$V = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль}$$

$$N = V \cdot N_A = 0,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} =$$

$$3,01 \cdot 10^{23} N(\text{H}_2\text{S}) = 3,01 \cdot 10^{23}$$

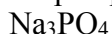
$$N(\text{H}) = 2N(\text{H}_2\text{S}) =$$

$$2 \cdot 3,01 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{23} N(\text{S}) = N(\text{H}_2\text{S})$$

$$= 3,01 \cdot 10^{23} \text{ молекул}$$

$$N(\text{H}) + N(\text{S}) = 6,02 \cdot 10^{23} + 3,01 \cdot 10^{23} = 9,03 \cdot 10^{23} \text{ атомів}$$

**Задача 2.** У якій кількості натрій хлориду міститься стільки ж натрію, скільки його міститься в 5 моль натрій фосфату?



$$n(\text{Na}) = 3 \cdot n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 3 \cdot 5 = 15 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{Na}) = 15 \text{ моль}$$

**Задача 3.** Хлорпохідне насиченого вуглеводню має відносну молекулярну масу 237. Масова частка Хлору в сполуці рівна 0,899, а масова частка Карбону рівна 0,101. Знайдіть молекулярну формулу хлорпохідного.

#### Розв'язок



$$n(\text{C}) = \frac{237 \cdot 0,101}{12} \approx 2 \quad n(\text{Cl}) = \frac{237 \cdot 0,899}{35,5} \approx 6$$



**Задача 4.** Органічна речовина А містить 41,38% С, 3,45% Н, решта – Оксиген. При нагріванні з етанолом у присутності кислоти ця речовина утворює сполуку Б, що містить 55,61% Карбону, 6,97% Гідрогену і Оксиген. При взаємодії з бромоводнем речовина А утворює продукт В, який при кип'ятінні у воді дає речовину Г, що містить 35,82% Карбону, 4,48% Гідрогену і Оксиген. 2,68 г речовини Г взаємодіє з 20 мл 2 М розчину їдкою калі. Виведіть структурні формули речовин А, Б, В і Г.

#### Розв'язок

$$\text{А: } \text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z \quad x : y : z = \frac{41,38}{12} : \frac{3,45}{1} : \frac{55,17}{16} = 3,45 : 3,45 : 3,45 = 1 : 1 : 1$$

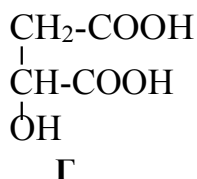
$$\text{Б: } \text{C}_a\text{H}_k\text{O}_s \quad a : k : s = \frac{55,61}{12} : \frac{6,97}{1} : \frac{37,42}{16} = 4,63 : 6,97 : 2,34 = 2 : 3 : 1$$

$$\text{Г: } \text{C}_m\text{H}_n\text{O}_g \quad m : n : g = \frac{35,82}{12} : \frac{4,48}{1} : \frac{59,7}{16} = 2,985 : 4,48 : 3,73 = 1 : 1,5 : 1,25 = 4 : 6 : 5$$

$$n(\text{KOH}) = C \cdot V = 2 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ моль}$$

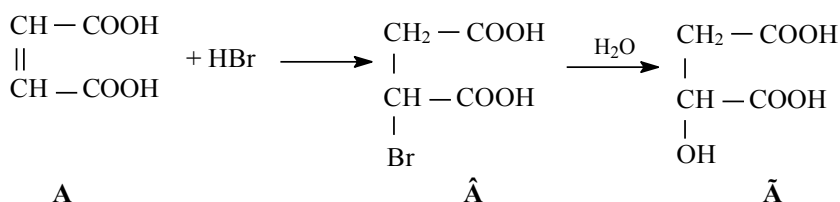
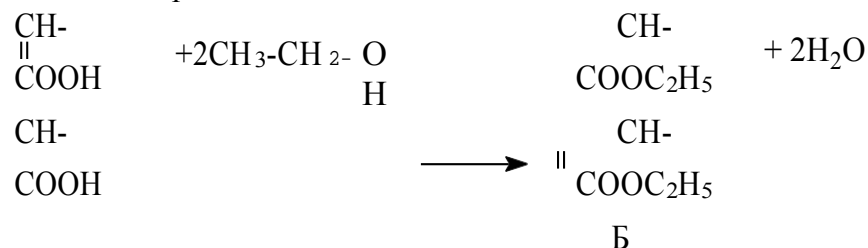
$$n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5) = \frac{m}{M} = \frac{2,68}{134} = 0,02 \text{ моль}$$

Тоді це двохосновна оксикарбонова кислота. Її формула:



Тоді речовини, згадані в умові задачі, матимуть формули: А – C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>; Б – C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub>; В – C<sub>4</sub>H<sub>5</sub>O<sub>4</sub>Br.

Рівняння реакцій:



*Групова робота*

1. Яка буде формула нітроген оксиду, у якому масова частка Нітрогену складає 46,67%?
2. Деякі елементи X і Y утворюють сполуки X<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (W(O) = 38,1%) і X<sub>2</sub>YO<sub>4</sub> (W(O) = 32,99%). Визначити елементи X і Y.
3. Речовина має загальну формулу E<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>. Масова частка невідомого елемента в цій сполуці становить 22,33%. Визначити, який це елемент.
4. Масова частка Оксигену в олеумі становить 61,12%. Визначити склад (% за масою) олеуму.
5. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, масова частка Карбону в якому 85,7%, а відносна густина парів речовини за воднем 21. Складіть формули ізомерів цієї речовини. Яким чином один ізомер можна відрізнити від іншого?
6. При спалюванні 1,12 л органічної речовини утворилось 3,36 л вуглекислого газу (н.у.) і 2,7 г води. Відносна густина пари речовини за гелієм дорівнює 14,5. Виведіть молекулярну формулу речовини.
7. Масова частка хлору в хлориді деякого елемента становить 34,08%. Яка масова частка цього елемента в його іодиді? Напишіть формули цих сполук.
8. При взаємодії 11,5 г одновалентного металу з бромом добуто 51,5 г броміду цього металу. Визначте метал.
9. При взаємодії 10,5 г одновалентного металу з водою добуто 16,8 л водню (н.у.). Який це метал?
10. При взаємодії 1,2 г двовалентного металу з йодом добуто 13,9 г йодиду цього металу. Визначте метал.
11. При взаємодії 2,8 л (н.у.) хлору з 4,67 г тривалентного металу добуто хлорид цього металу. Визначте метал.
12. При взаємодії водневої сполуки одновалентного металу з 100 г води одержали розчин з масовою часткою 0,0238. Визначити, сполука якого металу була взята?
13. Крапля речовини А на поверхні твердої речовини Б реагує з нею, утворюючи тверду речовину В і газ Д (проста речовина). Під час взаємодії газу Д з речовиною Б при постійній температурі й тиску утворюється тверда речовина Е, яка може реагувати з А, утворюючи В і Д. Про які речовини йдеться? Написати відповідні рівняння реакцій.

*Лабораторна частина*

**Експериментальні задачі**

1. **Умова:** Перед вами сіль одновалентного металу, на терезах відважте 74,4 г. цієї солі, нагрійте її в закритій посудині, при цьому ви повинні отримати 26,8 мл безбарвної рідини з концентрацією речовини 11,2 моль/л. Визначте формулу солі, якщо відомо, що ця сіль складається з металу, гідрогену – 25,80%, сірки і 51,61% кисню.

**Обладнання і реактиви:** штатив з пробірками, газовідвідна трубка, пробіркотримач, пальник, колба 250 мл., дистильована вода, розчин органічної речовини.

*Індивідуальна робота*

1. При взаємодії 0,555 г одновалентного металу з водою утворюється 0,8 г водню. Який це метал?
2. При взаємодії 0,3 г деякого металу з водою утворюється 0,015 г водню. Який це метал, якщо відомо, що він двохвалентний?
3. При взаємодії 24 г двовалентного металу з хлоридною кислотою утворюється 1 моль водню. Який це метал?
4. При взаємодії 1,16 г одновалентного металу з водою утворюється 0,16 г водню. Який це метал?
5. При взаємодії 4 г двовалентного металу з сульфатною кислотою утворюється 0,2 г водню. Який це метал?
6. При взаємодії 4 г двовалентного металу з сульфатною кислотою утворюється 0,1 моль водню. Який це метал?
7. Під час взаємодії 4 г двовалентного металу з хлоридною кислотою виділилось 2,24 л водню (н.у.). Який це метал?
8. Під час взаємодії 9,6 г двовалентного металу з розбавленою сульфатною кислотою виділилось 4,48 л водню (н.у.). Який це метал?
9. Під час взаємодії одновалентного металу масою 0,694 г з хлоридною кислотою виділилось 2,24 л водню (н.у.). Який це метал?
10. Під час взаємодії 6 г двовалентного металу з розбавленою сульфатною кислотою виділилось 5,6 л водню (н.у.). Який це метал?
11. Деякі елементи X і Y утворюють сполуки  $XYO_4$  ( $W(O)=40,51\%$ ) і  $X_2YO_4$  ( $W(O) = 32,49\%$ ). Визначити елементи X і Y.
12. Вивести формулу одного з оксидів Сульфуру, масова частка Сульфуру в якому становить 40%, а Оксигену – 60%.
13. Мідні руди вважають багатими, якщо масова частка Міді в руді становить більше 3%, і бідними, якщо вміст Міді менше 2%. До багатих чи бідних руд можна віднести руди міді, що містять:
  - а) 4% халькозиту  $Cu_2S$ ;
  - б) 5% борніту  $Cu_2FeS_3$ ;
  - в) 4% халькопїриту  $CuFeS_2$ ?
14. Оксид елемента, в якому він проявляє вищу валентність, – це тверда речовина, що плавиться та переганяється без розкладу. Оксид розчиняється у воді, утворюючи досить сильну одноосновну кислоту, натрієва сіль цієї кислоти містить 23,42% кисню. Який це елемент? Яка формула оксиду?
15. Оксид елемента має склад  $EO_3$ . Масова частка Оксигену в цьому оксиді становить 60%. Який елемент утворює оксид?
16. Природний хлор містить два ізотопи:  $^{35}Cl$  і  $^{37}Cl$ . Відносна атомна маса Хлору дорівнює 35,45. Визначте мольну частку в % кожного ізотопу Хлору.
17. Елемент розташований у VI групі головній підгрупі. Його вищий оксид масою 40 г, реагуючи з водою утворює 49 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну формулу його атома.
18. Елемент розташований у V групі головній підгрупі. Його вищий оксид масою 35,5 г, реагуючи з водою утворює 49 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну формулу його атома.
19. Елемент розташований у II групі головній підгрупі. Його вищий оксид масою 7 г, реагуючи з водою утворює 9,25 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну формулу його атома.
20. Елемент розташований у IV групі головній підгрупі. Його вищий оксид масою 33 г, реагуючи з водою утворює 46,5 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну формулу його атома.

21. До складу речовини входять атоми Феруму й Сульфуру в масовому співвідношенні 7:4. Визначте формулу речовини, її молекулярну масу і масові частки елементів у речовині.
22. Елемент X, відкритий у 1817 року І.Берцеліусом, утворює два оксиди А і Б, які містять відповідно 28,83 і 37,80% Оксигену. Визначте елемент X і формули оксидів А і Б. Напишіть можливі рівняння реакцій їхньої взаємодії з водою і назвіть продукти цих реакцій.
23. При взаємодії двох простих речовин, що знаходяться в одній групі, утворився газ А, що володіє різким запахом і має густину за повітрям 2,21. 5,6 л газу А (умови нормальні) пропустили через надлишок вапняної води, внаслідок чого утворився осад Б. Визначте масу і колір осаду Б. Наведіть рівняння реакцій.
24. Які властивості має речовина, якщо при повному згорянні 0,7 г її утворюється 0,9 г води і 2,2 г вуглекислого газу? При бромованні цієї речовини утворюється продукт, що має такий процентний склад: С – 12,77%, Н – 2,13%, Br – 85,1%.
25. У розчині одноосновної сильної кисневмісної кислоти масою 1 г ( $W(\text{к-ти})=5\%$ ) міститься  $7,65 \cdot 10^{20}$  йонів. Вважаючи дисоціацію повною, визначте її молекулярну формулу.
26. Елемент розташований у І групі головній підгрупі. Його вищий оксид масою 18,8 г, реагуючи з водою утворює 22,4 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну формулу його атома.
27. При взаємодії 33,1%-ного розчину нітрату металу А масою 20 г з 3,9%-ним розчином хлориду металу Д масою 60 г при температурі  $10^\circ\text{C}$  одержали осад масою 5,56 г. При цьому солі прореагували між собою повністю. Визначте метали А і Д.
28. Відношення молярних мас оксиду і сульфїду невідомого металу в одному й тому ж ступеневі окислення дорівнює 0,816. Визначте, який це метал. Напишіть формули вказаних оксиду і сульфїду, а також формули аналогічних сполук в інших ступенях окислення металу, коли різниця молярних мас сульфїду й оксиду дорівнює 48.
29. Природна мідь складається з двох ізотопів, середня відносна атомна маса яких дорівнює 63,618. Визначити відносну атомну масу важчого ізотопу Купруму, якщо вміст легшого ізотопу  $^{63}\text{Cu}$  в ній становить 69,1%.
30. Невідомий метал масою 13 г обробили надлишком розбавленого розчину нітратної кислоти. До одержаного розчину додали надлишок гарячого розчину калій гідроксиду; при цьому виділилося 1,12 л газу (н.у.). Який метал був розчинений в нітратній кислоті?
31. Вивести хімічну формулу аргентум карбонату, якщо відомо, що до його складу входить 0,7826 масових часток Аргентуму, 0,0434 масових часток Карбону та 0,174 масових часток Оксигену.
32. Дві бінарні сполуки складаються з одного і того ж елемента II групи періодичної системи та різних неметалічних елементів. Різниця молярних мас еквівалентів сполук становить 18, а відношення молярних мас їх еквівалентів – 1,95. Встановити про які речовини йдеться.
33. При прожарюванні до оксидів 2,42 г кристалогідрату купрум(II) нітрату маса речовини зменшилася на 1,62 г. Установіть формулу кристалогідрату.
34. При згорянні 6,125 г чистої органічної речовини, формула якої  $\text{M}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ , було отримано 1,98 г оксиду  $\text{M}_2\text{O}_3$ . Напишіть реакцію горіння, обчисліть атомну масу елемента, назвіть його і перерахуйте його хімічні властивості (чий аналог, будова електронної оболонки, метал-неметал, наявність водневої сполуки і т.д.).
35. А, Б, В – прості речовини (гази), утворені хімічними елементами різних груп періодичної системи Д.І. Менделєєва. Речовина А взаємодіє з речовиною В і утворює речовину Г, яка не змінює колір індикаторів. Речовина Б взаємодіє з речовиною В і утворює речовину Д, яка не взаємодіє з водою, лугами, кислотами. Речовина А взаємодіє з речовиною Б і утворює речовину Е, що має різкий характерний запах і вимагає обережності в користуванні. Речовина Е добре реагує з речовиною Г. При цьому утворюється речовина Ж, яка змінює забарвлення фенолфталеїну. Визначити речовини А-Ж, назвати ці речовини, написати рівняння реакцій, про які йдеться.
36. В двох посудинах знаходяться гази А і В. Обидва гази безбарвні. Газ А – з різким запахом, газ В – задушливий; сумарний об'єм обох газів дорівнює 6,72 л. При окисленні газу А (в присутності каталізатора) утворюється 5,4 г води і газ С, що швидко перетворюється в бурий



газ D. Газ В дуже добре розчиняється в воді, його розчин – кислота. При добавлянні в цю кислоту надлишку нітрату срібла випадає 14,35 г білого осаду. При змішуванні газів А і В утворюється сіль Е, яка при нагріванні знову розпадається на газ А і В. Назвіть всі перелічені речовини. Визначте їх кількості речовини. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

37. Газ А горить в кисні з утворенням безбарвного газу Б і пари води. Газ Б здатний взаємодіяти при кімнатній температурі з металічним літєм з утворенням твердої речовини В, що містить, 60% літію за масою. При взаємодії речовини В з водою виділяється газ А і утворюється розчин речовини Г, що змінює забарвлення фенолфталеїну. Визначте речовини А, Б, В, Г. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
38. До насиченого розчину солі жовтого кольору, що забарвлює полум'я у фіолетовий колір, обережно підлили концентровану сірчану кислоту. Колір розчину змінився на оранжевий, а при подальшому додаванні кислоти випав осад яскраво-червоного кольору. Кристали відфільтрували, висушили на повітрі, а потім за допомогою піпетки до них долили спирт, який загорівся. В результаті реакції утворився порошок зеленого кольору. Визначте склад початкової солі і продуктів всіх реакцій. Напишіть рівняння реакцій. Розставте коефіцієнти. Назвіть сполуки.
39. При згорянні 6,125 г чисті органічні речовини формули  $M(C_6H_5)_3$  було отримано 1,98 г оксиду  $M_2O_3$ . Напишіть реакцію горіння, обчисліть атомну масу елемента, назвіть його і перерахуйте його хімічні властивості (чий аналог, будова електронної оболонки, метал-неметал, наявність водневого зв'язку і т.д.).
40. У 2-х посудинах знаходяться газ А і В. Обидва газ безбарвні. Газ А – з різким запахом, газ В – задушливий; сумарний об'єм обох газів рівний 6.72 л. При окисненні газу А (у присутності каталізатора), утворюються 5.4 г води і газ З, який швидко перетворюється на бурий газ D. Газ В дуже добре розчинний у воді, його розчин – кислота. При додаванні в цю кислоту надлишку нітрату срібла випадає 14.35 г осаду білого кольору. При змішуванні газів А і В утворюється сіль Е, яка при нагріванні знову розпадається на газ А і В. Назвіть всі перераховані речовини. Визначте їх кількість. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

#### *Варіативна складова*

#### *Творчі завдання*

1. Необачний учень, захопившись хімічним експериментом, проробив наступні операції:
  - змішав 25 г 18%-го і 50 г 37,5%-го розчинів купрум сульфату;
  - додав до одержаного розчину мідний купорос масою 15 г;
  - випарив одержаний розчин, при цьому втрата маси складала 10%.Чи можна одержаним розчином масою 20 г осадити всі йони барію, що містяться в 100 г 10%-го розчину барій хлориду?
2. З розчинів сульфатної кислоти, густина якої при  $20^\circ C$  дорівнює  $1,348$  і  $1,779$  г/см<sup>3</sup> потрібно приготувати 440 г розчину кислоти, густина якої при тій же температурі  $1,553$  г/см<sup>3</sup>. Скільки грамів потрібно кожної з вихідних кислот?
3. Змішали 300 мл 0,05 н. розчину гідроксиду лужного металу з 200 мл 0,1 М розчину гідроксиду калію. Обчислити концентрацію гідроксид-іонів у добутому розчині.
4. В розчині натрій гідроксиду масою 800 г з масовою часткою NaOH 10% 1,8 моль їдкою натру становлять йони. Обчисліть ступінь дисоціації електроліту.
5. Обчисліть масу калій гідроксиду в 1 мл розчину, якщо концентрація гідроксид-іонів в цьому розчині становить 2 моль/л, а ступінь дисоціації лугу дорівнює 96%.

#### **Рекомендована література**

#### **Основна**

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### **Додаткова**

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

## Тема 2. Методика розв'язування задач на встановлення хімічного елемента чи формули речовини.

**Мета:** сформувані у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на знаходження молекулярної формули сполуки за масою, об'ємом та кількістю речовин – продуктів згоряння з хімії, які передбачені шкільною програмою, так і задачі хімічних олімпіад.

### Семінарська частина

1. Знаходження формули сполуки за продуктами її згоряння.
2. Ускладнені задачі.

### Зразки розв'язків задач

**Задача 1.** Речовина має загальну формулу  $E_2CrO_4$ . Масова частка невідомого елемента в цій сполуці становить 40,206%. Визначити, який це елемент.

### Розв'язок

Визначимо масову частку  $CrO_4$  у сполуці:

$$W(CrO_4) = 100\% - 40,206\% = 59,794\%$$

Виходячи з формули

$$W(CrO_4) = \frac{Mr(CrO_4)}{Mr(E_2CrO_4)}, \text{ знайдемо молярну масу сполуки } E_2CrO_4.$$

$$Mr(E_2CrO_4) = \frac{Mr(CrO_4)}{W(CrO_4)}; Mr(E_2CrO_4) = \frac{116}{0,59794} \approx 194$$

$$Ar(E) = \frac{194 - 116}{2} = 39$$

Невідомий елемент – калій.

**Задача 2.** Доведіть, що існують сполуки з загальною формулою  $EH_x$ , які містять 12,5% Гідрогену за масою.

### Розв'язок

$$W(H) = \frac{Ar(H) \cdot N(H)}{Mr(EH_x)}$$

$$0,125 = \frac{x}{Ar(E) \cdot x}$$

$$Ar(E) = 7x$$

$x$	1	2	3	4
Ar	7	14	21	28
E	Li	N	-	Si
$EH_x$	LiH	$N_2H_4$		$SiH_4$

**Задача 3.** Деякі галуни (кристалогідрат загальною формулою  $A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) містять 51,76% Оксигену і 4,53% Гідрогену. Визначте їх формулу.

### Розв'язок

Знаючи кількість атомів Оксигену, що входять до складу кристалогідрату, визначимо його молярну масу.

$$W(O) = \frac{Ar(O) \cdot N}{Mr(A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O)} \cdot \frac{Mr(A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O)}{Ar(O) \cdot N(O)} = \frac{16 \cdot 20}{0,5176} = 618$$

$$Mr(A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = 618$$

Молярну масу кристалогідрату можна визначити і через Гідроген:

$$Mr(A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = \frac{1 \cdot 24}{0,0453} = 530$$

Різні значення відносної молекулярної маси невідомого кристалогідрату свідчать, що до складу катіона може входити Гідроген, тобто, катіон амонію. Тоді:

$$Ar(B) = Mr(A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) - Mr(NH_4^+) - 2Mr(SO_4) - 12Mr(H_2O)$$

$$Ar(B) = 618 - 18 - 192 - 12 \cdot 18 = 192 \text{ (Ir)}$$

$$NH_4Ir(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$$

**Задача 4.** Хімічний елемент X широко застосовується в металургії, літакобудуванні та інших галузях промисловості. Найважливіші руди цього елемента містять його вищий солетворний оксид. Хлорид, у якому елемент проявляє валентність відповідно до його місця в періодичній системі, містить 74,74% хлору. Який це елемент?

#### Розв'язок

Нехай формула хлориду невідомого елемента  $ECl_x$ , де  $x$  – валентність елемента.

Виходячи з формули визначення масової частки елемента в сполуці

$$W(Cl) = \frac{Ar(Cl) \cdot N(Cl)}{Mr(ECl_x)}, \text{ знайдемо відносну молекулярну масу хлориду невідомого елемента:}$$

$$Mr(ECl_x) = \frac{Ar(Cl) \cdot N}{W(Cl)} \quad Mr(ECl_x) = \frac{35,5x}{0,7474} = 47,5x$$

$$Ar(E) = 47,5x - 35,5x = 12x$$

Оскільки  $x$  – валентність невідомого елемента, то вона може бути від 1 до 7:

$x$	1	2	3	4	5	6	7
$Ar(E)$	12	24	36	48	60	72	84
E	C	Mg	–	Ti	–	–	–

Оскільки Карбон не буває одновалентним, то можливі два варіанти розв'язку: Mg ( $MgCl_2$ ) і Ti ( $TiCl_4$ ).

#### Групова робота

1. Масові частки Сульфуру і Флуору в сполуці відповідно становлять 25,2 і 74,8%. У газоподібному стані ця сполука об'ємом 112 мл має таку ж масу, як  $2,83 \cdot 10^{22}$  атомів Алюмінію. Визначити молекулярну формулу сполуки.
2. При спалюванні 0,28 г вуглеводню утворились карбон(IV) оксид та вода кількістю речовини по 0,02 моль кожна. Виведіть формулу сполуки, якщо відомо, що 0,1 г її за нормальних умов займають об'єм 80 мл.
3. Кількість речовини кисню, необхідного для спалювання 1 моль етиленового вуглеводню, більша від кількості речовини вуглекислого газу, що є продуктом цієї реакції, на 1,5 моль. Установіть формулу сполуки.
4. Вищий оксид елемента має загальну формулу  $EO_2$ . Відносна молекулярна маса цього оксиду становить 60. Назвіть хімічний елемент.
5. Деякий елемент утворює гідрид  $EH_3$ , масова частка водню в якому дорівнює 1,245%. Який це елемент?
6. Густина за повітрям газу А, молекули якого складаються з атомів Гідрогену та атомів елемента X, дорівнює 4,41. Визначте елемент X та густину газу А за воднем.

7. Визначте формулу речовини, до складу якої входять Гідрогену та Сульфур. Відносна густина парів речовини за киснем 1,0625.
8. Обчислити відносну молекулярну масу невідомого газу, якщо густина його 2,857 г/л. Запропонуйте формулу цього газу.
9. Кристалогідрат барій хлориду містить 14,8% кристалізаційної води. Визначте формулу цього кристалогідрату.
10. При дії надлишку хлоридної кислоти на 8,24 г суміші манган(IV) оксиду з невідомим оксидом  $\text{EO}_2$ , який не реагує з хлоридною кислотою, одержано 1,344 л газу (н.у.). В ході другого досліду встановлено, що мольне відношення манган(IV) оксиду до невідомого оксиду дорівнює 3:1. Установіть формулу невідомого оксиду і обчисліть його масову частку в суміші.
11. Визначити формулу газоподібної сполуки, яка містить 61,745% вольфраму і 38,255% фтору, якщо її густина за воднем становить 149.
12. Суміш 5 мл газоподібного вуглеводню з 12 мл кисню помістили в евдіометр і зірвали. Після приведення умов до початкових об'єм газової суміші займав 7 мл, а після пропускання її через розчин лугу зменшився до 2 мл, причому газ, що залишився, підтримував горіння. Визначте формулу вуглеводню.
13. Хімічний елемент має будову зовнішнього енергетичного рівня  $5s^1$ . За будовою зовнішнього енергетичного рівня визначити, який це елемент, написати формули його вищого оксиду та гідрату оксиду, визначити характер їх властивостей (кислотний, основний, амфотерний) та написати рівняння хімічних реакцій, які підтверджують характер властивостей цих сполук.
14. Елемент розташований у II групі головної підгрупи. Його вищий оксид масою 15,3 г реагуючи з водою утворює 17,1 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну конфігурацію його атома.
15. Гідрат вищого оксиду елемента III групи головної підгрупи має відносну молекулярну масу 78. Назвіть хімічний елемент, складіть формули його вищого оксиду та гідрату вищого оксиду, зазначте їх характер.
16. Складіть електронну формулу частинки, яка має 16 протонів і 18 електронів. Назвіть цю частинку. Наведіть приклади сполук, до складу яких входить ця частинка.
17. Установити молекулярну формулу органічної речовини, якщо відомі масові частки елементів, які складають цю сполуку:  $W(\text{C})=45,86\%$ ,  $W(\text{H})=8,91\%$ ,  $W(\text{Cl})=45,23\%$ . Відносна густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 39,25.
18. Установити молекулярну формулу органічної речовини, якщо відомі масові частки елементів, які складають цю сполуку:  $W(\text{C})=39,98\%$ ,  $W(\text{H})=6,6\%$ ,  $W(\text{O})=53,2\%$ . Відносна густина пари цієї речовини за повітрям дорівнює 4,138.
19. Установити молекулярну формулу органічної речовини, якщо відомі масові частки елементів, які складають цю сполуку:  $W(\text{C})=52\%$ ,  $W(\text{H})=9\%$ ,  $W(\text{Cl})=39\%$ . Відносна густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 92,5.
20. Установити молекулярну формулу органічної речовини, якщо відомі масові частки елементів, які складають цю сполуку:  $W(\text{C})=0,24$ ,  $W(\text{H})=0,05$ ,  $W(\text{Cl})=0,71$ . Відносна густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 25,25.

### *Лабораторна частина*

#### ***Експериментальні задачі***

1. **Умова:** Зважте 13,8 г органічної речовини, зразок цієї речовини спалить. При цьому ви повинні одержати карбон(IV) оксид об'ємом 23,52 л (нормальні умови) та воду масою 10,8 г. Визначте формулу органічної речовини, враховуючи, що вона ароматична і відомо що її відносна густина пари за воднем 46.

**Обладнання і реактиви:** штатив з пробірками, газовідвідна трубка, пробіркотримач, пальник, колба 250 мл., дистильована вода, розчин органічної речовини.

### *Індивідуальна робота*

#### **Варіант 1/2**

1. Визначити формулу і молекулярну масу оксигеновмісної сполуки, якщо відомо, що при взаємодії 7,4 г цієї речовини з натрієм виділилося 1,12 л водню, а при окисненні цієї речовини купрум(II) оксидом утворюється сполука, що дає реакцію «срібного дзеркала».
2. Елемент розташований у II групі головній підгрупі. Його вищий оксид масою 30,6 г, реагуючи з водою утворює 34,2 г гідрату оксиду. Визначте елемент та запишіть електронну формулу його атома.
3. Напишіть електронну формулу атома елемента з протонним числом 16, формули його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте типи хімічного зв'язку та ступені окиснення цього елемента у даних сполуках. Окисником чи відновником можуть виступати ці речовини?
4. При спалюванні 5,76 г речовини утворилося 2,12 г соди, 5,824 дм<sup>3</sup> вуглекислого газу (н. у.) і 1,8 г води. Визначити молекулярну формулу речовини.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/2

1. 14 г суміші ароматичного вуглеводню, який є гомологом бензену, і фенолу обробили бромною водою, при цьому випало 33,1 г осаду (розчинністю зневажати). Визначити структурну формулу ароматичного вуглеводню, якщо відомо, що його у вихідній суміші знаходилось 0,05 моль.
2. Хімічний елемент має будову зовнішнього енергетичного рівня  $3s^23p^5$ . За будовою зовнішнього енергетичного рівня визначити, який це елемент, написати формули його вищого оксиду та гідрату оксиду, визначити характер їх властивостей (кислотний, основний, амфотерний) та написати рівняння хімічних реакцій, які підтверджують характер властивостей цих сполук.
3. Напишіть електронну формулу атома елемента з протонним числом 6, формули його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте типи хімічного зв'язку та ступені окиснення цього елемента у даних сполуках. Окисником чи відновником можуть виступати ці речовини?
4. Внаслідок спалювання 0,65 г речовини добули 2,2 г карбон(IV) оксиду та 0,45 г води. Густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 39. Знайдіть молекулярну формулу речовини.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/2

1. 3,8 г двохатомного спирту повністю прореагували з калієм, що утворився в результаті електролізу розплаву 7,45 г калій хлориду. Встановіть формулу спирту. Обчисліть максимальний об'єм хлоридної кислоти з масовою часткою 35% ( $\rho=1,17$  г/см<sup>3</sup>), який можна одержати з газів, що утворюються при електролізі і реакції спирту з металом, якщо практичний вихід хлороводню становить 85%.
2. Хімічний елемент має будову зовнішнього енергетичного рівня  $6s^2$ . За будовою зовнішнього енергетичного рівня визначити, який це елемент, написати формули його вищого оксиду та гідрату оксиду, визначити характер їх властивостей (кислотний, основний, амфотерний) та написати рівняння хімічних реакцій, які підтверджують характер властивостей цих сполук.
3. Напишіть електронну формулу атома елемента з протонним числом 17, формули його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте типи хімічного зв'язку та ступені окиснення цього елемента у даних сполуках. Окисником чи відновником можуть виступати ці речовини?
4. Внаслідок спалювання 6,45 г органічної речовини одержали 10,08 л (н.у.) карбон(IV) оксиду та 9,45 г води. Густина пари цієї речовини за метаном дорівнює 5,375. Знайдіть молекулярну формулу речовини.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/2

1. При дії на 30 г невідомого насиченого одноатомного спирту розчином бромідної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 40% (густина 1,5 г/см<sup>3</sup>) одержали 46,13 г алкілброміду. Установіть формулу спирту. Обчисліть об'єм розчину бромідної кислоти, який витратиться на реакцію. Врахуйте, що масова частка виходу алкілброміду становить 75% від теоретично можливого.

- Хімічний елемент має будову зовнішнього енергетичного рівня  $3s^23p^4$ . За будовою зовнішнього енергетичного рівня визначити, який це елемент, написати формули його вищого оксиду та гідрату оксиду, визначити характер їх властивостей (кислотний, основний, амфотерний) та написати рівняння хімічних реакцій, які підтверджують характер властивостей цих сполук.
- Напишіть електронну формулу атома елемента з протонним числом 14, формули його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте типи хімічного зв'язку ступені окиснення цього елемента у даних сполуках. Окисником чи відновником можуть виступати ці речовини?
- Установити молекулярну формулу органічної речовини, якщо відомі масові частки елементів, які складають цю сполуку:  $W(C)=51,89\%$ ,  $W(H)=9,73\%$ ,  $W(Cl)=38,38\%$ . Відносна густина пари цієї речовини за повітрям дорівнює 6,38.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/2

- При нагріванні одноатомного спирту масою 46,25 г із концентрованою сульфатною кислотою утворився ненасичений вуглеводень етиленового ряду об'ємом 11,2 л (н.у.). Визначити формулу спирту, якщо в реакцію його вступило 80%. Напишіть структурні формули ізомерів цього спирту і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.
- Хімічний елемент має будову зовнішнього енергетичного рівня  $3s^23p^2$ . За будовою зовнішнього енергетичного рівня визначити, який це елемент, написати формули його вищого оксиду та гідрату оксиду, визначити характер їх властивостей (кислотний, основний, амфотерний) та написати рівняння хімічних реакцій, які підтверджують характер властивостей цих сполук.
- Напишіть електронну формулу атома елемента з протонним числом 7, формули його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте типи хімічного зв'язку та ступені окиснення цього елемента у даних сполуках. Окисником чи відновником можуть виступати ці речовини?
- Ароматичний вуглеводень, який має відносну густину пари речовини за метаном 6,625, спалили, добувши карбон(IV) оксид об'ємом 35,84 л (н.у.) та воду масою 18 г. Визначити молекулярну формулу вуглеводню. Записати структурні формули всіх його ізомерів.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/2

- При дії на 30 г одноатомного насиченого спирту розчином бромідної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 40% ( $\rho=1,5 \text{ г/см}^3$ ) одержали 46,13 г бромалкану. Визначте формулу спирту. Який об'єм розчину бромідної кислоти витратили на реакцію? Врахуйте, що вихід продукту реакції становив 75%.
- Хімічний елемент має будову зовнішнього енергетичного рівня  $3s^2$ . За будовою зовнішнього енергетичного рівня визначити, який це елемент, написати формули його вищого оксиду та гідрату оксиду, визначити характер їх властивостей (кислотний, основний, амфотерний) та написати рівняння хімічних реакцій, які підтверджують характер властивостей цих сполук.
- Напишіть електронну формулу атома елемента з протонним числом 15, формули його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте типи хімічного зв'язку та ступені окиснення цього елемента у даних сполуках. Окисником чи відновником можуть виступати ці речовини?
- При згорянні 1 л газоподібного вуглеводню, що знебарвлює розчин калій перманганату, витрачається 4,5 л кисню, причому утворюється 3 л вуглекислого газу. Складіть структурну формулу цього вуглеводню, якщо всі об'єми газів виміряні за однакових умов.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/2

- Під час обробки первинного насиченого одноатомного спирту натрієм виділилося 6,72 л газу (н.у.). При дегідратації тієї самої маси спирту утворився алкен масою 33,6 г. Установити формулу спирту.
- Елемент розташований у III групі головної підгрупи. Його вищий оксид масою 12,76 г взаємодіє з хлоридною кислотою, утворює 33,4 г хлориду. Визначте елемент та запишіть електронну конфігурацію його атома.

3. Напишіть електронну формулу атома хімічного елемента з протонним числом 15, формулу його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте ступені окиснення цього елемента у даних сполуках.
4. При взаємодії невідомого насиченого трьохатомного спирту масою 21,2 г з надлишком металічного натрію виділилося 6,72 л (н.у.) водню. Визначити молекулярну формулу спирту. Записати структурні формули всіх його ізомерів, знаючи, що сполуки, у яких дві гідроксогрупи стоять біля одного атома Карбону не стійкі й тому практично не існують.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/2

1. При взаємодії 16 мл насиченого одноатомного спирту ( $\rho = 0,8$  г/мл) з натрієм виділився водень у кількості, достатній для повного гідрування 1,558 л ацетилену (н.у.). Визначити формулу спирту.
2. Елемент розташований у IV групі головної підгрупи. Його вищий оксид масою 10 г сплавив з натрієм гідроксидом, одержавши 20,3 г солі. Визначте елемент та запишіть електронну конфігурацію його атома.
3. Напишіть електронну формулу атома хімічного елемента з протонним числом 7, формулу його вищого оксиду і сполуки з Гідрогеном. Зазначте ступені окиснення цього елемента у даних сполуках.
4. Відносна густина пари естеру за гелієм дорівнює 22. При спалюванні всієї одержаної в результаті гідролізу естеру кислоти утворюється в 3 рази більше вуглекислого газу, ніж при спалюванні спирту, одержаного в результаті цієї ж реакції. Встановіть структурну формулу естеру.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/2

1. При аналізі певного силікату масою 1,600 г було одержано суміш натрій, калій і літій хлоридів масою 0,480 г. Маса Калію і Хлору в суміші виявилася рівною 0,085 і 0,310 г відповідно. Обчисліть вміст (мас. %) в силікаті натрій, калій і літій оксидів.
2. До 5 л суміші вуглеводню й карбон(IV) оксиду додали 16 л кисню (н.у.) і суміш підпалили. Після реакції об'єм суміші складав 24 л, а після конденсації води – в два рази менше. Після цього її пропустили через розчин лугу і об'єм зменшився до 1 л. Визначте формулу вуглеводню.
3. Маємо суміш хлороводню і хлориду дейтерію. Масова частка Хлору в суміші становить 96,73%. Визначте масову частку хлориду дейтерію в суміші.
4. Проста речовина 1 утворює з магнієм сполуку 2, гідроліз якої приводить до утворення газу 3 і речовини 4. Газ 3 за певних умов реагує з газом 5, утворюючи газ 6 і воду. Газ 6 з надлишком газу 5 утворює газ 7, розчинення якого у воді супроводжується виділенням газу 6 і розчину речовини 8. Речовини 8 і 4 утворюють сіль 9, що під час прожарювання дає речовину 10 та газу 5 і 7. Що таке речовини 1-10? Напишіть рівняння згаданих реакцій.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/2

1. При додаванні розчину, який містить 2,04 г солі сульфідної кислоти, до розчину, який містить 2,7 г хлориду двохвалентного металу, випало 1,92 г осаду. Які солі були взяті для проведення реакції, якщо вважати, що вони прореагували повністю.
2. При повному окисленні 7,83 г сплаву двох металів утворилося 14,23 г оксидів, при обробці яких лугом залишилося нерозчинним 4,03 г осаду. Визначте якісний склад сплаву, якщо катіони металів мають ступені окислення +2 і +3 відповідно, а молярні відношення оксидів 1:1 (вважати, що гідроксид металу зі ступенем окислення +3 має амфотерні властивості).
3. У двох посудинах знаходяться газу А і В. Обидва газу безбарвні. Газ А – з різким запахом, газ В – задушливий; сумарний об'єм обох газів дорівнює 6,72 л. При окисненні газу А (в присутності каталізатора) утворюється 5,4 г води і газ С, що швидко перетворюється в бурий газ Д. Газ В дуже добре розчиняється у воді, його розчин – кислота. При добавлянні в цю кислоту надлишку аргентум нітрату випадає 14,35 г білого осаду. При змішуванні газів А і В утворюється сіль Е,

яка при нагріванні знову розпадається на гази А і В. Назвіть всі перелічені речовини. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

- Газ А має густину в 3 рази більшу, ніж повітря. При взаємодії з водою газу А на холоді і в темноті одержуємо лише кислоту Б, яка на світлі здатна перетворюватися в дві кислоти – В і Г. Якщо розчинити у воді газ А, пропущений попередньо через розжарену скляну трубку, одержуємо теж дві кислоти – Б і В. При взаємодії одного із продуктів термічного розкладу газу А з розчином луку у залежності від умов одержують солі кислот або Б і В, або В і Г. Укажіть перелічені речовини і напишіть рівняння реакцій, якщо відомо, що одна із солей кислоти Г містить 31,8% Калію і 39,2% Оксигену.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### *Варіативна складова*

#### *Творчі завдання*

- У розчині одноосновної сильної кисневмісної кислоти масою 1 г ( $W(\text{к-ти})=5\%$ ) міститься  $7,65 \cdot 10^{20}$  йонів. Вважаючи дисоціацію повною, визначте її молекулярну формулу.
- При аналізі певного силікату масою 1,600 г було одержано суміш натрій, калій і літій хлоридів масою 0,480 г. Маса Калію і Хлору в суміші виявилася рівною 0,085 і 0,310 г відповідно. Обчисліть вміст (мас. %) в силікаті натрій, калій і літій оксидів.
- До розчину димеркурій динітрату ( $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ ) масою 264 г ( $W=20\%$ ) добавили цинкові ошурки. Через деякий час концентрація димеркурій динітрату у розчині становила 6%. Обчисліть масу ртуті, що виділилась.
- Зразок амоній дихромату масою 40 г, який містить нелеткі домішки стійкі до нагрівання, піддали термічному розкладу. Одним із продуктів реакції є газ, молекули якого двохатомні (маса 1 л газу при  $30^\circ\text{C}$  і 0,44 атм дорівнює 0,504 г). Другий продукт реакції – амфотерний оксид металу. Напишіть рівняння реакції. Визначте ступінь чистоти зв'язку (у % за масою), якщо маса твердого залишку, яка складається з оксиду металу і твердих домішок, дорівнює 30 г. Як з оксиду металу можна одержати вільний метал.
- При додаванні розчину, який містить 2,04 г солі сульфідної кислоти, до розчину, який містить 2,7 г хлориду двохвалентного металу, випало 1,92 г осаду. Які солі були взяті для проведення реакції, якщо вважати, що вони прореагували повністю.

#### **Рекомендована література**

##### **Основна**

- Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
- Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
- Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

##### **Додаткова**

- Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
- Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

#### **Тема 3. Методика розв'язування задач на приготування розчинів**

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на приготування розчинів, які передбачені шкільною програмою, так і задачі хімічних олімпіад.

#### *Семінарська частина*

- Способи вираження вмісту розчиненої речовини в розчині (масова частка, молярна концентрація, нормальна концентрація, розчинність).



2. Задачі на знаходження масової частки розчиненої речовини в розчині, молярної і нормальної концентрації розчинів.
3. Обчислення вмісту (концентрації) розчиненої речовини за іншим відомим вмістом (концентрацією) цієї ж речовини.
4. Задачі на визначення концентрації розчиненої речовини в розчині, якщо речовина реагує з одним із компонентів розчину.
5. Задачі на приготування розчинів з речовин-кристалогідратів.
6. Обчислення за правилом змішування.
7. Ускладнені задачі.

*Зразки розв'язків задач*

**Задача 1.** Визначити масу води, в якій треба розчинити 45 г цукру, щоб одержати розчин з масовою часткою цукру 10%.

**Розв'язок**

$$W_{\text{цукру}} = \frac{m(\text{р-ну})}{m(\text{р-ну}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{45}{45 + x} = 0,1$$

**Задача 2.** Визначте маси розчину сульфур(VI) оксиду в чистій сульфатній

кислоті (масова частка сульфур(VI) оксиду дорівнює 10%) і розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 60%, необхідні для приготування

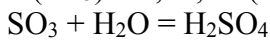
480 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 90%.

**Розв'язок**

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,9 \cdot 480 = 432$$

$$m(\text{олеуму}) = x$$

$$m(\text{SO}_3) = 0,1x; m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,9x;$$



$$m_2(\text{SO}_3) = m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1x}{80}; m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot \frac{0,1x}{80} = 0,1225x$$

$$m_2(\text{р-ну}) = 480 - x$$

$$m_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6(480 - x) = 288 - 0,6x$$

$$0,9x + 0,1225x + 288 - 0,6x = 432$$

$$x = 340,83 \text{ (м(олеуму))}$$

$$m_2(\text{р-ну}) = 480 - 340,83 = 139,17$$

**Задача 3.** При розчиненні у воді масою 160 г кристалогідрату  $\text{MeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  масою 40 г одержали розчин з масовою часткою  $\text{MeSO}_4$  12,8%. Визначте невідому сіль.

**Розв'язок**

$$A_r(\text{Me}) = x$$

$$M_r(\text{MeSO}_4) = x + 96$$

$$M_r(\text{MeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = x + 186$$

Масова частка солі в кристалогідраті становить:

$$W(\text{MeSO}_4) = \frac{x + 96}{x + 186}, \text{ тоді маса солі у кристалогідраті дорівнює}$$

$$m(\text{MeSO}_4) = W(\text{MeSO}_4) \cdot m(\text{кристалогідрату})$$

$$m(\text{MeSO}_4) = \frac{40(x + 96)}{x + 186}$$

Для визначення масової частки солі в розчині скористаємося формулою:

$$W(\text{MeSO}_4) = \frac{m(\text{MeSO}_4)}{m(\text{розчину})}$$

Підставимо у цю формулу всі відомі нам величини

$$0,128 = \frac{40(x + 96)}{x + 186} : 200;$$

$$x = 64 \text{ (Cu)}$$

**Задача 4.** Скільки молекул метилового спирту ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) і води міститься в 100 мл 12%-вого водного розчину метилового спирту, густина якого  $0,98 \text{ г/см}^3$ ?

**Розв'язок**

$$m(\text{р-ну}) = V \cdot \rho; \quad m(\text{р-ну}) = 100 \cdot 0,98 = 98 \text{ г};$$

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = m(\text{р-ну}) \cdot W = 98 \cdot 0,12 = 11,76 \text{ г}$$

$$\nu = \frac{m}{M} \quad \nu(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{11,76}{32} = 0,3675 \text{ моль}$$

$$N(\text{CH}_3\text{OH}) = \nu \cdot N_A = 0,3675 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,21235 \cdot 10^{23}$$

$$\text{молекул } m(\text{H}_2\text{O}) = 98 - 11,76 = 86,24 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{86,24}{18} = 4,79 \text{ моль}$$

$$N(\text{H}_2\text{O}) = 4,79 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 28,8425 \cdot 10^{23} \text{ молекул}$$

**Задача 5.** При  $100^\circ\text{C}$  у 100 г води розчиняється 347 г натрій гідроксиду. а). Яка масова частка  $\text{NaOH}$  в отриманому розчині?

б). Яка мольна частка  $\text{NaOH}$  в отриманому розчині?

в). Скільки молекул води припадає на 1 атом (точніше, йон) натрію в отриманому розчині?

**Розв'язок**

$$W(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{р-ну})} = \frac{347}{447} = 0,7763 \text{ або } 77,63\%$$

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{347}{40} = 8,675 \text{ моль} = \nu(\text{Na})$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{100}{18} = 5,556 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{р-ну}) = \nu(\text{NaOH}) + \nu(\text{H}_2\text{O}) = 8,675 + 5,556 = 14,231 \text{ моль}$$

$$\nu = \frac{\nu(\text{NaOH})}{\nu(\text{р-ну})} = \frac{8,675}{14,231} = 0,6096 \text{ або } 60,96\%$$

$$N(\text{Na}) : N(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{Na}) : \nu(\text{H}_2\text{O}) = 8,675 : 5,556 = 1 : 0,64$$

**Задача 6.** Визначити молярну концентрацію розчину, який утворюється при змішуванні  $300 \text{ см}^3$  2М і  $700 \text{ см}^3$  4М розчинів сульфатної кислоти.

**Розв'язок**

Молярна концентрація визначається за формулою:

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{\nu(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V(\text{р-ну})}$$

Визначимо кількість речовини сульфатної кислоти у першому розчині:

$$\nu_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = C_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_1(\text{р-ну})$$

$$\nu_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль/л} \cdot 0,3 \text{ л} = 0,6 \text{ моль}$$

Визначимо кількість речовини сульфатної кислоти у другому розчині:

$$\nu_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4 \text{ моль/л} \cdot 0,7 \text{ л} = 2,8 \text{ моль}$$

Кількість речовини сульфатної кислоти дорівнюватиме сумі кількостей речовини кислоти в першому і другому розчині:

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + \nu_2(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6 \text{ моль} + 2,8 \text{ моль} = 3,4$$

$$\text{моль } V(\text{р-ну}) = 300 \text{ см}^3 + 700 \text{ см}^3 = 1000 \text{ см}^3$$

$$= 1 \text{ л}$$

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{3,4 \text{ моль}}{1 \text{ л}} = 3,4 \text{ моль/л}$$

### Групова робота

1. У воді об'ємом 220 мл (густина 1 г/мл) розчинили сіль масою 30 г. Обчислити масову частку солі в розчині.
2. Визначте масу натрій гідроксиду, яка треба взяти для приготування 400 мл розчину з масовою часткою NaOH 20% (густина розчину 1,33 г/мл.)
3. Обчислити об'єм розчину натрій гідроксиду (масова частка NaOH 20%, густина 1,22 г/мл), який треба розбавити водою для добування розчину об'ємом 200 мл з масовою часткою NaOH 5% і густиною 1,62 г/мл.
4. У воді масою 250 г розчинили 50 г калій хлориду. Обчислити масову частку солі в розчині.
5. Обчислити маси кухонної солі і води, потрібні для приготування 2 кг розчину з масовою часткою NaCl 0,15.
6. До розчину хлоридної кислоти масою 600 г з масовою часткою HCl 10% додали 50 мл води. Визначити масову частку HCl в добутому розчині.
7. У воді масою 800 г розчинили сульфур(IV) оксид об'ємом 4,48 л (н. у.). Обчислити масову частку SO<sub>2</sub> в добутому розчині.
8. Визначте масу натрій гідроксиду, яку треба взяти для приготування 800 мл розчину з масовою часткою NaOH 30%. Густина розчину  $\rho = 1,33 \text{ г/см}^3$ .
9. Скільки грамів води і 87% розчину сульфатної кислоти необхідно взяти для виготовлення 600 г 55% розчину?
10. До розчину натрій гідроксиду масою 600 г з масовою часткою 35% додали 400 мл води. Визначити масову частку NaOH в добутому розчині.
11. Скільки грамів води і 87% розчину сульфатної кислоти необхідно взяти для приготування 700 г 55% розчину?
12. Скільки грамів води і 75% розчину солі необхідно взяти для приготування 400 г 42% розчину?
13. Скільки грамів води і 60% розчину нітратної кислоти необхідно взяти для приготування 800 г 40% розчину?
14. Скільки грамів води і 30% розчину хлоридної кислоти необхідно взяти для приготування 200 г 20% розчину?
15. Скільки грамів води і 50% розчину натрій гідроксиду необхідно взяти для приготування 300 г 15% розчину?
16. Скільки грамів води і 40% розчину калій гідроксиду необхідно взяти для приготування 200 г 10% розчину?

### Лабораторна частина

#### Експериментальні задачі

1. **Умова:** Приготуйте розчин масою 20 г з масовою часткою натрій хлориду 0,05.  
**Обладнання та реактиви:** штатив з пробірками, мірний циліндр, колба на 250 мл і на 100 мл, скляна паличка з гумовим наконечником, терези; дистильована вода, суха речовина – натрій хлорид NaCl.
2. **Умова:** Приготуйте 80 г розчину з масовою часткою солі 0,03 та обчисліть масу калій хлориду й об'єм води, які повинні використати для приготування розчину.  
**Обладнання і реактиви:** штатив з пробірками, мірний циліндр, колба на 250 мл і на 100 мл, скляна паличка з гумовим наконечником, терези; дистильована вода, суха речовина – калій хлорид KCl.

### Індивідуальна робота

#### Варіант 1/3

1. Яку масу кристалогідрату CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O і води необхідно взяти для приготування розчину масою 500 г з масовою часткою купрум(II) сульфату 0,5?
2. При випарюванні досуха 200 г насиченого при 10°C розчину натрій хлориду, отримано 52,6 г солі. Яка розчинність натрій хлориду у воді при 10°C?

3. До розчину хлоридної кислоти масою 600 г з масовою часткою HCl 10% додали 50 мл. води. Визначити масову частку HCl в добутому розчинні.
4. Визначте масу сульфатної кислоти, яку треба взяти для приготування 300 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20%. Густина розчину  $\rho=1,139$  г/см<sup>3</sup>.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/3

1. У лабораторії є розчин 3 М KCl. Визначте його об'єм, який потрібно взяти, щоб приготувати розчин об'ємом 200 мл з масовою часткою KCl 8% і густиною 1,05 г/мл.
2. Кристалогідрат калій гідроксиду містить 39,1% води за масою. Визначити формулу цього кристалогідрату.
3. У воді масою 800 г розчинили 1,12 л фтороводню (н. у.) Обчислити масову частку HF в добутому розчинні.
4. Визначте масу натрій хлориду, яку потрібно розчинити у воді, щоб добути 800 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою NaCl 20%. Густина розчину  $\rho=1,15$  г/см<sup>3</sup>.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/3

1. Визначити маси кристалогідрату Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O і розчину з масовою часткою Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0,15, які потрібно взяти, щоб приготувати розчин масою 795 г з масовою часткою хром(III) сульфату 0,2?
2. Кристалогідрат натрій карбонату містить 62,9% води за масою. Визначити формулу цього кристалогідрату.
3. До розчину сульфатної кислоти масою 700 г з масовою часткою H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% додали 100 мл. води. Визначити масову частку H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в добутому розчинні.
4. Визначте масу натрій гідроксиду, яку треба взяти для приготування 800 мл. розчину з масовою часткою NaOH 30%. Густина розчину  $\rho=1,33$  г/см<sup>3</sup>.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/3

1. Які маси води і розчину з масовою часткою магній хлориду 0,2 потрібно взяти, щоб приготувати розчин з масовою часткою магній хлориду 0,04 масою 300 г?
2. Для розчинення 84 г кристалогідрату SrCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O при 15°C необхідно 100 г води. Розрахуйте розчинність стронцій хлориду (безводної солі).
3. До розчину хлоридної кислоти масою 200 г з масовою часткою HCl 20% додали 100 мл. води. Визначити масову частку HCl в добутому розчинні.
4. Визначте масу натрій гідроксиду, яку треба взяти для приготування 700 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою NaOH 30%. Густина розчину  $\rho=1,33$  г/см<sup>3</sup>.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/3

1. У якій кількості 10%-ного розчину глюкози потрібно розчинити 120 г кристалічної глюкози, щоб одержати 25%-ний розчин?
2. Кристалогідрат барій хлориду містить 14,8% кристалізаційної води. Визначте формулу цього кристалогідрату.
3. У воді масою 1000 г розчинили 3,36 л. фтороводню (н. у.) Обчислити масову частку HF в добутому розчинні.
4. Визначте масу натрій хлориду, яку потрібно розчинити у воді, щоб добути 300 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою NaCl 20%. Густина розчину  $\rho=1,15$  г/см<sup>3</sup>.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/3

1. Який об'єм з масовою часткою натрій карбонату 0,15 ( $\rho=1,16$  г/мл) потрібно взяти, щоб приготувати розчин 0,45 М Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> об'ємом 120 мл?
2. Розчинність натрію нітрату при 10°C дорівнює 80,5 г. Скільки грамів цієї солі можна розчинити в 250 г води при 10°C?
3. До розчину нітратної кислоти масою 150 г з масовою часткою HNO<sub>3</sub> 25% додали 50 мл. води. Визначити масову частку HNO<sub>3</sub> в добутому розчинні.

4. Визначте масу сульфатної кислоти, яку треба взяти для приготування 500 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20%. Густина розчину  $\rho = 1,139$  г/см<sup>3</sup>.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/3

1. Який об'єм розчину 5 М КОН потрібно взяти, щоб приготувати 0,6 М розчин КОН об'ємом 250 мл?
2. У фарфорову чашку масою 11,6 г налили насичений при 15°C розчин калій нітрату. Маса чашки з розчином 106 г., а після випарювання розчину 30,5 г. Знайти розчинність калій нітрату при температурі 15°C.
3. До розчину нітратної кислоти масою 400 г з масовою часткою HNO<sub>3</sub> 20% додали 200 мл. води. Визначити масову частку HNO<sub>3</sub> в добутому розчині.
4. У 120 г води розчинили 10,5 г залізного купоросу FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Обчислити масову частку ферум(II) сульфату у добутому розчині.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/3

1. Яку масу кристалогідрату Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·10H<sub>2</sub>O і розчину з масовою часткою Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,2 необхідно взяти для приготування 250 г розчину з масовою часткою натрій карбонату 0,3?
2. Випарюванням 2 л насиченого при 10°C водного розчину натрій хлориду добуто 526,4 г солі. Чому дорівнює розчинність натрій хлориду у воді при 10°C?
3. До розчину сульфатної кислоти масою 500 г з масовою часткою H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15% додали 100 мл. води. Визначити масову частку H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в добутому розчині.
4. Визначити масу глауберової солі Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O, яка потрібна для приготування 500 г розчину з масовою часткою натрій сульфату 12%.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/3

1. Яку масу мідного купоросу CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O і води потрібно взяти, щоб приготувати розчин купрум(II) сульфату масою 40 кг з масовою часткою CuSO<sub>4</sub> 2%?
2. Розчинність натрій нітрату при 10°C дорівнює 805 г. Обчислити масу цієї солі, що утворює насичений розчин у воді об'ємом 250 мл. при 10°C.
3. Для отримання в лабораторії водню дією сульфатної кислоти на цинк звичайно використовується розбавлена кислота: на 1 об'єм кислоти густиною 1,824 г/см<sup>3</sup> при 20°C береться 5 об'ємів води. Яка концентрація (в процентах) отриманої при цьому кислоти і яка її концентрація (в моль/л).
4. У 200 г води розчинили 20 г мідного купоросу CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O. Обчислити масову частку купрум(II) сульфату у добутому розчині.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/3

1. Визначити молярну концентрацію 24%-ного розчину нітратної кислоти (густина 1,14 г/мл).
2. Розчинність бертолетової солі KClO<sub>3</sub> при 10°C дорівнює 60 г. Обчислити масу цієї солі, що утворює насичений розчин у воді об'ємом 500 мл. при 10°C.
3. З розчинів сульфатної кислоти, густина якої при 20°C дорівнює 1,348 і 1,779 г/см<sup>3</sup> потрібно приготувати 440 г розчину кислоти, густина якої при тій же температурі 1,553 г/см<sup>3</sup>. Скільки грамів потрібно кожної з вихідних кислот?
4. Визначити масу кристалогідрату цинк сульфату ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, яка потрібна для приготування 900 г розчину з масовою часткою цинк сульфату 10%.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

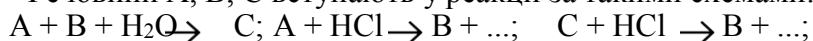
#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

1. Масова частка калію у суміші добрив: калій нітрату і сечовини – CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> складає 25 %. Розрахуйте масову частку азоту в цій суміші і молярне співвідношення сполук.
2. Елемент А утворює з елементом Б дві сполуки В і Г, відношення молярних мас яких рівне

0,845. Відношення атомних мас елементів А і Б рівне 6,9, а відношення ступенів окиснення елемента А в цих сполуках складає 2:3. Визначте елементи А і Б, напишіть формули сполук В і Г, якщо ступінь окиснення Б в цих сполуках рівний (-1).

3. Речовини А, В, С вступають у реакції за такими схемами:



А □ В + ...; Назвіть можливі речовини А, В, С. До яких класів хімічних речовин вони належать? Напишіть рівняння реакцій.

4. Наведіть приклади реакцій речовин з водою, в яких утворюються кислоти. а) Речовина тверда за звичайних умов; б) речовина – рідина; в) речовина – газ.

5. У 500 г водного розчину  $H_3PO_4$  з масовою часткою 23,72 % розчинили 142 г  $P_2O_5$ . Визначте яка сіль утвориться, якщо до 100 г отриманого розчину додати 292,9 мл розчину NaOH з масовою часткою 12,0 % (густина розчину 1,14 г/мл).

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 4. Задачі на змішування розчинів

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на визначення маси чи об'єму розчинів, які необхідно взяти для приготування розчину заданої концентрації.

#### Семінарська частина

1. Способи вираження вмісту розчиненої речовини в розчині (масова частка, молярна концентрація, нормальна концентрація, розчинність).
2. Виведення формули правила змішування.
3. Правило хреста або конверт Пірсона.
4. Обчислення за правилом змішування.
5. Ускладнені задачі.

#### Зразки розв'язків задач

**Задача 1.** Визначте масу 24,5%-ного розчину сульфатної кислоти, в якому треба розчинити 120 г сірчаного ангідриду, щоб утворився 49%-ний її розчин?

#### Розв'язок

Такі задачі можна розв'язувати через „правило хреста”.

Нехай є розчин масою  $m_1$ , у якому масова частка розчиненої речовини  $W_1$ . До цього розчину долили розчин масою  $m_2$ , у якому масова частка розчиненої речовини  $W_2$ . При цьому утворився розчин масою  $m_3$ , у якому масова частка розчиненої речовини  $W_3$ , причому, маса утвореного розчину буде дорівнювати сумі мас першого і другого розчинів, а маса розчиненої речовини в третьому розчині буде дорівнювати сумі мас розчиненої речовини у першому і другому розчинах.

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: none; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="border: none; text-align: center;"><math>m_1</math></td></tr> <tr><td style="border: none; text-align: center;"><math>W_1 m_1</math></td></tr> </table>		$m_1$	$W_1 m_1$	+	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: none; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="border: none; text-align: center;"><math>m_2</math></td></tr> <tr><td style="border: none; text-align: center;"><math>W_2 m_2</math></td></tr> </table>		$m_2$	$W_2 m_2$	=	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: none; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="border: none; text-align: center;"><math>m_3</math></td></tr> <tr><td style="border: none; text-align: center;"><math>W_3 m_3</math></td></tr> </table>		$m_3$	$W_3 m_3$
$m_1$													
$W_1 m_1$													
$m_2$													
$W_2 m_2$													
$m_3$													
$W_3 m_3$													

Оскільки маса розчиненої речовини в третьому розчині буде дорівнювати сумі мас розчиненої речовини у першому і другому розчині, то:

$$W_1 m_1 + W_2 m_2 = W_3 m_3$$

Так як маса третього розчину буде дорівнювати сумі мас першого і другого розчинів, то:

$$W_1 m_1 + W_2 m_2 = W_3 (m_1 + m_2)$$

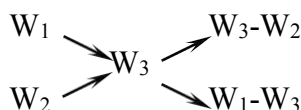
$$W_1 m_1 + W_2 m_2 = W_3 m_1 + W_3 m_2$$

$$W_1 m_1 - W_3 m_1 = W_3 m_2 - W_2 m_2$$

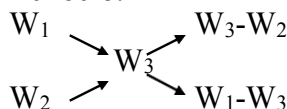
$$m_1(W_1 - W_3) = m_2(W_3 - W_2)$$

$$\frac{m_1 - W_3 - W_2}{m_2 - W_1 - W_3} - \text{формула правила змішування}$$

Часто замість виведення формули правила змішування використовують „правило хреста”

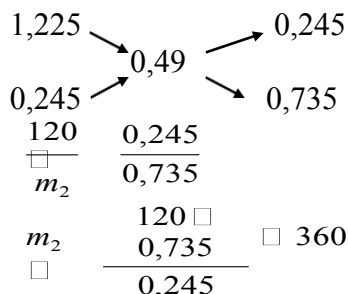


1. I спосіб.

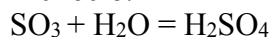


$$W_1 = \frac{M(H_2SO_4)}{M(SO_3)} \square \frac{98}{80} \square 1,225$$

$W_1$  – уявна масова частка сульфатної кислоти в сірчаному ангідриді.



II спосіб.



$$m(\text{р-ну } H_2SO_4) = x; m(H_2SO_4) = 0,245x;$$

$$\square \square \frac{m}{M}; \square (SO)_3 \square \frac{120}{80} \square 1,5 \text{ моль}$$

$$W \square \frac{m(\text{р-ни})}{m(\text{р-ну})} \square \frac{1,5 \square 98}{0,245x} \square 0,49$$

$$147 \square 0,245x \square 0,49x \square 58,8$$

$$88,2 \square 0,245x$$

$$x \square \frac{88,2}{0,245} \square 360$$

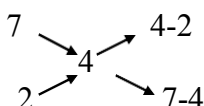
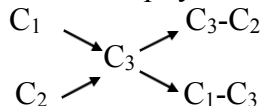
0,245

**Задача 2.** Визначте об'єм 7 М розчину сульфатної кислоти, який треба додати до 120 мл 2 М розчину, щоб утворився 4 М розчин.

**Розв'язок**

I спосіб

Задачі на молярну концентрацію теж можна розв'язувати через „правило хреста”.



$$\frac{V_1}{120} = \frac{4 \cdot 2}{7 \cdot 4}$$

$$V_1 = \frac{120 \cdot 2}{7} = 80 \text{ мл}$$

II спосіб

$$V_1(\text{р-ну}) = x; \quad n_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 7x; \quad n_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = C \cdot V = 2 \cdot 0,120 = 0,24 \text{ моль}$$

$$C = \frac{n}{V}$$

$$\frac{7x}{x} = \frac{0,24}{0,120} \cdot 4$$

$$7x = 0,24 \cdot 4 \quad 4x = 0,48$$

$$3x = 0,24$$

$$x = 0,08 \text{ мл, або } 80 \text{ мл}$$

### Групова робота

- Визначити маси розчину сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% і води, необхідних для приготування 500 г розчину сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  25%?
- Змішали 150 г 8,00%-ного розчину гідрогенсульфату натрію (густ. 1,06 г/мл) і 150 мл розчину з концентрацією цієї ж солі, рівною 1,93 моль/л. Обчисліть молярну концентрацію солі в одержаному розчині.
- У якому співвідношенні за об'ємом змішали 21,38%-ний розчин гідроксиду калію (густ. 1,20 г/мл) і розчин цієї ж речовини з концентрацією 0,744 моль/л, якщо при цьому вийшов розчин з концентрацією 3,82 моль/л?
- Визначити маси мідного купоросу і 5% розчину купрум(II) сульфату, необхідні для приготування 200 г 20%-ного розчину купрум(II) сульфату.
- Визначити масу залізного купоросу, який необхідно додати до 200 г 4%-ного розчину ферум(II) сульфату, щоб одержати 10%-ний розчин ферум(II) сульфату.
- Визначити маси сульфур(VI) оксиду і 10%-ного розчину сульфатної кислоти, необхідні для приготування 200 г 30%-ного розчину сульфатної кислоти.
- Визначити маси фосфор(V) оксиду і 2%-ного розчину ортофосфатної кислоти, необхідні для приготування 200 г 20%-ного розчину ортофосфатної кислоти.
- Визначити масу сульфур(VI) оксиду, який необхідно додати до 200 г 4%-ного розчину сульфатної кислоти, щоб одержати 30%-ний розчин сульфатної кислоти.
- Визначити маси 12%-ного і 5%-ного розчинів хлоридної кислоти, необхідні для приготування 200 г 20%-ного розчину хлоридної кислоти.
- Визначити маси розчину сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  28% і води, необхідних для приготування 500 г розчину сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12,5%?

### Лабораторна частина

#### Експериментальні задачі

**1. Умова:** Приготуйте розчин масою 20 г з масовою часткою натрій хлориду 0,25 використовуючи 5 та 30%-ні розчини натрій хлориду.

**Обладнання та реактиви:** штатив з пробірками, мірний циліндр, колба на 250 мл і на 100 мл, скляна паличка з гумовим наконечником, терези; дистильована вода, 5 та 30%-ні розчини натрій хлориду NaCl.

**2. Умова:** Приготуйте розчин 0,2 кг з масовою часткою солі 0,15 та обчисліть масу мідного купоросу й 2%-ного розчину купрум(II) сульфату, які повинні використати для приготування розчину.

**Обладнання і реактиви:** штатив з пробірками, мірний циліндр, колба на 250 мл і на 100 мл, скляна паличка з гумовим наконечником, терези; дистильована вода, суха речовина мідний купорос і 2%-ний розчин купрум(II) сульфату.

### Індивідуальна робота

#### Варіант 1/4



1. Змішали розчини сульфатної кислоти з масовими частками 10%, 25% та 32% з відповідними масами 120 г, 200 г та 350 г. Обчислити масову частку сульфатної кислоти в одержаному розчині.
2. Які маси розчинів сульфатної кислоти з масовими частками 12% та 42% слід взяти для приготування розчину кислоти масою 600 г з масовою часткою 36%?
3. Змішали 300 г 20%-ного розчину і 500 г 40%-ного розчину натрій хлориду. Чому дорівнює відсоткова концентрація одержаного розчину?
4. Сплавили 180 г золота 920-ої проби з 100 г 752-ої проби. Якої проби вийшов сплав ?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/4

1. Визначити масову частку солі в розчині, що утворився внаслідок розчинення 40 г солі в 360 г води.
2. Визначити маси цукру та води, необхідні для приготування 350 г розчину з масовою часткою цукру 25%.
3. У посудині 250 г 40%-ого розчину сірчаної кислоти. Скільки треба влити в посудину 75%-ого розчину кислоти, щоб вийшов 50%-ний розчин ?
4. Сплав міді з оловом масою 12 кг містить 45% міді. Скільки кілограмів чистого олова треба додати до сплаву, щоб одержати новий сплав, який містить 40% міді ?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/4

1. Як приготувати 600 г розчину натрій хлориду з масовою часткою солі 20%, використавши для цього розчин солі з масовою часткою розчиненої речовини 80%?
2. Які об'єми розчину сульфатної кислоти ( $\rho=1,84 \text{ г/см}^3$ ) та води потрібно змішати для приготування 10 л розчину кислоти з густиною  $1,42 \text{ г/см}^3$ .
3. Сплавили 75 г золота 560-ї проби зі злитком золота невідомої проби й дістали 450 г золота 760-ї проби. Знайти пробу другого злитка.
4. Скільки треба додати спирту міцністю 400 до 0,5 л спирту міцністю 600, щоб дістати спирт міцністю 480 ?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/4

1. Змішали 200 мл розчину калій гідроксиду з масовою часткою лугу 20% ( $\rho=1,173 \text{ г/см}^3$ ) та 500 мл розчину цієї ж речовини з масовою часткою 40% ( $\rho=1,408 \text{ г/см}^3$ ). Визначити масову частку лугу в одержаному розчині.
2. Визначити масову частку хлороводню в розчині, одержаному при додаванні 1000 мл води до 1,5 л хлоридної кислоти ( $\rho=1,19 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою хлороводню 38%.
3. Сплав міді та цинку загальною масою 2 кг містить 75% міді. Скільки цинку треба додати до цього сплаву, щоб одержати новий сплав, що містить 60% міді ?
4. З колби, наповненої 40% сірчаною кислотою, взяли 320 г кислоти і долили в колбу 258 г води. В результаті концентрація кислоти в колбі знизилася до 25%. Визначте, скільки грамів 40% кислоти було в колбі спочатку.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/4

1. Визначте маси розчинів сульфатної кислоти з масовими частками 60% та 10%, необхідних для приготування 600 мл розчину кислоти з масовою часткою 0,3 ( $\rho=1,218 \text{ г/см}^3$ ).
2. До розчину масою 400 г, масова частка солі в якому становить 20%, долили воду об'ємом 350 мл. Визначити масову частку солі в одержаному розчині.
3. Є два сплави міді зі сріблом. Перший сплав містить 85% срібла, а другий – 60%. Шматок першого сплаву масою 4 кг сплавили зі шматком другого сплаву масою 6 кг і отримали третій сплав. Знайдіть у відсотках вміст срібла у третьому сплаві ?
4. Змішали 100 г розчину сульфатної кислоти з масовою часткою 20 % і 50 г розчину сульфатної кислоти з масовою часткою 32 %. Яка масова частка розчиненої речовини в добутому розчині?

5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/4

1. Визначте молярну концентрацію лугу в розчині, одержаному при розчиненні натрій гідроксиду масою 85 г у воді, якщо об'єм одержаного розчину становив 1650 мл.
2. Визначте молярну концентрацію ортофосфатної кислоти в розчині об'ємом 650 мл, в якому міститься 125 г кислоти.
3. Шматок сплаву міді й цинку масою 36 кг містить 45% міді. Яку масу міді треба додати цього шматка, щоб утворений новий сплав містив 60% міді ?
4. Визначте маси розчинів барій хлориду з масовими частками 10 % та 50 %, необхідні для приготування 800 г розчину з масовою часткою 25 %.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/4

1. Який об'єм хлороводню слід розчинити у 200 мл хлоридної кислоти з масовою часткою кислоти 20% ( $\rho=1,098 \text{ г/см}^3$ ), щоб збільшити масову частку речовини в 1,5 рази?
2. Який об'єм хлороводню слід розчинити у 200 мл хлоридної кислоти з масовою часткою кислоти 20% ( $\rho=1,098 \text{ г/см}^3$ ), щоб збільшити масову частку речовини в 1,5 рази?
3. Скільки чистого срібла треба додати до 400 г срібла 835-ї проби, щоб дістати срібло 875-ї проби ?
4. У якому співвідношенні за об'ємом змішали 21,38%-ний розчин гідроксиду калію (густ. 1,20 г/мл) і розчин цієї ж речовини з концентрацією 0,744 моль/л, якщо при цьому вийшов розчин з концентрацією 3,82 моль/л?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/4

1. В якому об'ємі 1%-ного розчину ферум(II) сульфату слід розчинити 7 г залізного купоросу, щоб одержати розчин ферум(II) сульфату з масовою часткою солі 20%?
2. Визначити масу кристалогідрату купрум(II) броміду тетрагідрату, яку потрібно розчинити в 702 г розчину купрум броміду з масовою часткою 1,61%, щоб утворився 10,68% розчин.
3. Сплавили злиток срібла 640-ої проби вагою 120 г із злитком невідомої проби і вийшло 320 г срібла 700-ої проби. Визначити пробу другого злитка.
4. Визначити масу мідного купоросу, яку необхідно додати до 200 г 10%-ного розчину купрум(II) сульфату, щоб утворився 25%-ний розчин купрум(II) сульфату.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/4

1. Визначити масову частку купрум (II) сульфату в розчині, утвореному внаслідок розчинення 80 г мідного купоросу в 320 г 4%-го розчину купрум (II) сульфату.
2. Дано розчини з масовими частками сульфатної кислоти 90 % та 65 %. Необхідно виготовити розчин масою 500 г з масовою часткою кислоти 70 %.
3. Є сплав 850-ї проби, маса якого становить 1500 г. Скільки до нього треба додати сплаву 920-ї проби, щоб вийшов сплав 900-ї проби ?
4. Визначити масу залізного купоросу та 5%-ного розчину ферум(II) сульфату, щоб утворилося 200 г 20%-ного розчину ферум(II) сульфату.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/4

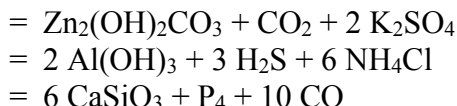
1. До 200 г насиченого при температурі  $85^{\circ}\text{C}$  розчину магній сульфату додали 150 г розчину цієї ж солі з масовою часткою речовини 10%. Визначити масову частку речовини в одержаному розчині, якщо розчинність солі за даної температури становить 65 г на 100 г води.
2. У 300 мл хлоридної кислоти ( $\rho=1,129 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою кислоти 26% розчинили 3,5 л хлороводню, виміряного при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  і тиску 107 кПа. Визначити масову частку хлороводню в одержаному розчині.
3. Маємо 500 кг руди, яка містить деяку кількість заліза. Після виділення з руди 200 кг домішок, які містять у середньому 12,5% заліза, у руді вміст заліза підвищився на 20%. Яка кількість заліза залишилась у руді ?

4. Визначити масу сульфур(VI) оксиду, яку необхідно додати до 200 г 10%-ного розчину сульфатної кислоти, щоб утворився 25%-ний розчин купрум(II) сульфату.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### *Варіативна складова*

##### *Творчі завдання*

1. Юний хімік Гідрогенадзе підготував шпаргалку з рівняннями реакцій для свого друга Просипайського, але неакуратно вирвав її з зошита, втративши частину рівнянь:



Попавши в таке катастрофічне положення, Просипайський був вимушений мислити логічно і через певний час відновив втрачені формули.

Запишіть і ви повні рівняння реакцій.

2. У зразку кристалічної соди (вона є продуктом кристалізації, у якому на кожен часточку  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  приходиться декілька молекул води) на  $7,04 \cdot 10^{23}$  атомів Натрію приходиться  $3,52 \cdot 10^{24}$  атомів Оксигену. Визначте співвідношення між кількістю часточок  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та кількістю молекул води у цьому зразку.
3. Один з галогенів (елемент VII групи головної підгрупи періодичної системи) утворює сполуку з Гідрогеном, яка містить 95% галогену. Який це галоген?
4. У якому співвідношенні (за масою) слід змішати 20%-ний розчин натрій гідроксиду і 10%-ний розчин сульфатної кислоти, щоб одержати нейтральний розчин? Обчисліть масову частку розчиненої речовини в одержаному розчині.

#### **Рекомендована література**

##### **Основна**

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Ерыгин Д.П., Шишкин Е.А. Методика решения задач по химии. – М.: Просвещение, 1989. – 176 с.
3. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
4. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

##### **Додаткова**

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Слета Л.А., Черный А.В., Холин Ю.В. 1001 задача по химии с ответами, указаниями, решениями. – Харьков: Ранок, 2000. – 368 с.
3. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

#### **Тема 5. Розв'язування задач з використанням поняття викристалізації речовин**

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі з використанням поняття викристалізація речовин.

##### *Семінарська частина*

1. Способи вираження вмісту розчиненої речовини в розчині (масова частка, молярна концентрація, нормальна концентрація, розчинність).
2. Поняття кристалогідрати.
3. Розчинність речовин.
4. Ускладнені задачі.

##### *Зразки розв'язків задач*

**Задача 1.** Розчинність натрій фториду при  $40^\circ\text{C}$  становить 4,5 г, а при  $0^\circ\text{C}$  – 4,1 г. Яка маса солі викристалізується при охолодженні насиченого при  $40^\circ\text{C}$  розчину масою 540 г до  $0^\circ\text{C}$ ?

##### *I спосіб*

$$I. m_1(\text{роз}) = 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O} + 4,5 \text{ г } \text{NaF} = 104,5 \text{ (г)}$$

$$2. m_2(\text{роз}) = 100 \text{ г } H_2O + 4,1 \text{ г } NaF = 104,1 \text{ (г)}$$

3. Яка маса солі, що викристалізується з маси насиченого розчину?

$$m(NaF)_{\text{викрист}} = 104,5 - 104,1 = 0,4 \text{ (г)}$$

4. Яка маса солі викристалізується з розчину масою 540г?

Із 104,5 г викристал. 0,4 г солі

$$\begin{array}{ccc} \text{із 540 г} & - & \text{х} \end{array}$$

$$x = 2,1 \text{ (г)}$$

ІІ спосіб

1. Яка маса насиченого розчину при 40°C?

$$m_1(\text{роз}) = 100 \text{ г } H_2O + 4,5 \text{ г } NaF = 104,5 \text{ (г)}$$

2. Яка маса солі в розчині масою 540 г?

104,5 г містить 4,5 г солі

$$\begin{array}{ccc} 540 \text{ г} & - & \text{х} \end{array}$$

$$x = 23,3 \text{ (г)}$$

3. Яка маса води?

$$m(H_2O) = 540 - 23,3 = 516,7 \text{ (г)}$$

4. Яка маса солі розчиняється у воді при 0°C?

100 г - 4,1 г солі

$$516,7 \text{ г} - \text{х г}$$

$$x = 21,2 \text{ (г)}$$

5. Яка маса солі викристалізувалась?

$$m(NaF) = 23,3 - 21,2 = 2,1 \text{ (г)}$$

$m(NaF)$  - ?

Відповідь: викристалізується 2,1 г солі.

**Задача 2.** Визначити масу кристалогідрату алюміній сульфату  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , який викристалізується при охолодженні 500 г насиченого при 100°C розчину алюміній сульфату до 20°C, якщо розчинність його дорівнює 89 г при 100°C і 36,4 г 20°C.

Розв'язок

$$Mr(Al_2(SO_4)_3) = 342$$

$$Mr(18H_2O) = 324$$

$$Mr(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) =$$

$$666m(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) =$$

х

$$\square(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) =$$

$$x/666m(Al_2(SO_4)_3) =$$

$$342x/666 m(H_2O) =$$

$$324x/666 m(H_2O) = 100 \text{ г}$$

$$m(Al_2(SO_4)_3) = 89 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ну}) = 189 \text{ г (при } 100^\circ\text{C)}$$

$$\text{у } 189 \text{ г р-ну} - 89 \text{ г } Al_2(SO_4)_3$$

$$\text{у } 500 \text{ г р-ну} - \text{х } Al_2(SO_4)_3$$

$$x = 500 \square 89/189 = 235,45 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 500 - 235,45 = 264,55 \text{ г}$$

Після кристалізації кристалогідрату при 20°C залишається

$$m(H_2O) = 264,55 - 324x/666$$

$$m(Al_2(SO_4)_3) = 235,45 - 342x/666$$

Розчинність при 20°C = 36,4, то:

$$\text{В } 100 \text{ г води розчиняється } 36,4 \text{ г } Al_2(SO_4)_3$$

$$\text{В } 264,55 - 324x/666 \text{ H}_2\text{O} - 235,45 - 342x/666 \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$100 \square (235,45 - 342x/666) = 36,4 \square (264,55 - 324x/666)$$

$$23500,45 - 9629,62 = 34200x/666 - 11793,6x/666$$

$$13870,83 = 22406,4x/666$$

$$9237972,78 = 22406,4x$$

$$x = 9237972,78/22406,4$$

$$x = 412,29 \text{ г}$$

2 спосіб

За  $x$  приймаємо кількість р-ни кристалогідрату.

Далі розв'язок аналогічний

#### Групова робота

1. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при  $80^{\circ}\text{C}$  розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до  $20^{\circ}\text{C}$  (розчинність 37,2 г).
2. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при  $80^{\circ}\text{C}$  розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до  $20^{\circ}\text{C}$  (розчинність 37,2 г).
3. Визначити масу кристалогідрату купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , який викристалізується при охолодженні 500 г насиченого при  $100^{\circ}\text{C}$  розчину купрум(II) сульфату до  $20^{\circ}\text{C}$ , якщо розчинність його дорівнює 77 г при  $100^{\circ}\text{C}$  і 20,2 г  $20^{\circ}\text{C}$ .
4. Визначити масу кристалогідрату ферум(II) сульфату  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , який викристалізується при охолодженні 200 г насиченого при  $100^{\circ}\text{C}$  розчину ферум(II) сульфату до  $20^{\circ}\text{C}$ , якщо розчинність його дорівнює 54 г при  $100^{\circ}\text{C}$  і 18,2 г  $20^{\circ}\text{C}$ .
6. Визначити масу кристалогідрату барій хлориду  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , який викристалізується при охолодженні 200 г насиченого при  $80^{\circ}\text{C}$  розчину барій хлориду до  $10^{\circ}\text{C}$ , якщо розчинність його дорівнює 34 г при  $80^{\circ}\text{C}$  і 12 г  $10^{\circ}\text{C}$ .

#### Лабораторна частина

##### Експериментальні задачі

Умова: Розчинність натрій фториду при  $40^{\circ}\text{C}$  становить 4,5 г, а при  $0^{\circ}\text{C}$  – 4,1 г. Яка маса солі викристалізується при охолодженні насиченого при  $40^{\circ}\text{C}$  розчину масою 540 г до  $0^{\circ}\text{C}$ ?

I спосіб

$$1. m_1(\text{роз}) = 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O} + 4,5 \text{ г } \text{NaF} = 104,5 \text{ (г)}$$

$$2. m_2(\text{роз}) = 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O} + 4,1 \text{ г } \text{NaF} = 104,1 \text{ (г)}$$

3. Яка маса солі, що викристалізується з маси насиченого розчину?

$$m(\text{NaF})_{\text{викрист}} = 104,5 - 104,1 = 0,4 \text{ (г)}$$

4. Яка маса солі викристалізується з розчину масою 540г? Із 104,5 г викристал. 0,4 г солі

$$\begin{array}{r} \text{із } 540 \text{ г} \\ - \\ \quad \quad \quad \text{х} \end{array}$$

$$x = 2,1 \text{ (г)}$$

II спосіб

1. Яка маса насиченого розчину при  $40^{\circ}\text{C}$ ?

$$m_1(\text{роз}) = 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O} + 4,5 \text{ г } \text{NaF} = 104,5 \text{ (г)}$$

2. Яка маса солі в розчині масою 540 г?

$$104,5 \text{ г містить } 4,5 \text{ г солі}$$

$$\begin{array}{r} 540 \text{ г} \\ - \\ \quad \quad \quad \text{х} \end{array}$$

$$x = 23,3 \text{ (г)}$$

3. Яка маса води?

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 540 - 23,3 = 516,7 \text{ (г)}$$

4. Яка маса солі розчиняється у воді при  $0^{\circ}\text{C}$ ?

$$100 \text{ г} - 4,1 \text{ г солі}$$

$$516,7 \text{ г} - \text{х г}$$

$$x = 21,2 \text{ (г)}$$

5. Яка маса солі викристалізувалась?

$$m(\text{NaF}) = 23,3 - 21,2 = 2,1 \text{ (г)}$$

$m(\text{NaF}) - ?$

Відповідь: викристалізується 2,1 г солі.

### Індивідуальна робота

#### Варіант 1/5

1. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при 80<sup>0</sup>С розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до 20<sup>0</sup>С (розчинність 37,2 г).
2. Визначте масу мідного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80<sup>0</sup> С розчину купрум(II) сульфату до 30<sup>0</sup>С, якщо розчинність купрум(II) сульфату дорівнює при 80<sup>0</sup>С 55 г, а при 30<sup>0</sup>С – 25 г.
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 60<sup>0</sup>С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0<sup>0</sup>С виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 60 і 0<sup>0</sup>С відповідно рівна 39,5 і 14,3 г.
4. Визначити масу кристалогідрату алюміній сульфату – вода (1/18), який викристалізується при охолодженні 945 г насиченого при 100<sup>0</sup>С розчину алюміній сульфату (розчинність – 89 г) до 20<sup>0</sup>С (розчинність – 36,4 г).
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/5

1. Визначити масу кристалогідрату барій хлориду – вода (1/2), що викристалізується, якщо 794 г насиченого при 100<sup>0</sup>С розчину (розчинність 58,8 г) охолодити до 10<sup>0</sup>С (розчинність 35,7 г).
2. Визначте масу кристалогідрату магній хлориду – вода (1/6), що викристалізується, якщо при охолодженні 692 г насиченого при 100<sup>0</sup> С розчину магній хлориду (розчинність 73 г) до 20<sup>0</sup>С (розчинність 54,5 г).
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 80<sup>0</sup>С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0<sup>0</sup>С виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 80 і 0<sup>0</sup>С відповідно рівна 55 і 12 г.
4. Визначте масу залізного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80<sup>0</sup>С розчину ферум(II) сульфату до 30<sup>0</sup>С, якщо розчинність ферум(II) сульфату дорівнює при 80<sup>0</sup>С 45 г, а при 30<sup>0</sup>С - 15 г.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/5

1. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при 80<sup>0</sup>С розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до 20<sup>0</sup>С (розчинність 37,2 г).
2. Визначте масу мідного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80<sup>0</sup> С розчину купрум(II) сульфату до 30<sup>0</sup>С, якщо розчинність купрум(II) сульфату дорівнює при 80<sup>0</sup>С 55 г, а при 30<sup>0</sup>С – 25 г.
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 60<sup>0</sup>С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0<sup>0</sup>С виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 60 і 0<sup>0</sup>С відповідно рівна 39,5 і 14,3 г.
4. Визначити масу кристалогідрату алюміній сульфату – вода (1/18), який викристалізується при охолодженні 945 г насиченого при 100<sup>0</sup>С розчину алюміній сульфату (розчинність – 89 г) до 20<sup>0</sup>С (розчинність – 36,4 г).
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/5

1. Визначити масу кристалогідрату барій хлориду – вода (1/2), що викристалізується, якщо 794 г насиченого при 100<sup>0</sup>С розчину (розчинність 58,8 г) охолодити до 10<sup>0</sup>С (розчинність 35,7 г).
2. Визначте масу кристалогідрату магній хлориду – вода (1/6), що викристалізується, якщо при охолодженні 692 г насиченого при 100<sup>0</sup> С розчину магній хлориду (розчинність 73 г) до 20<sup>0</sup>С (розчинність 54,5 г).
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 80<sup>0</sup>С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0<sup>0</sup>С виділиться 25 г

мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 80 і 0°C відповідно рівна 55 і 12 г.

4. Визначте масу залізного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80°C розчину ферум(II) сульфату до 30°C, якщо розчинність ферум(II) сульфату дорівнює при 80°C 45 г, а при 30°C - 15 г.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### **Варіант 5/5**

1. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при 80°C розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до 20°C (розчинність 37,2 г).
2. Визначте масу мідного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80° С розчину купрум(II) сульфату до 30°C, якщо розчинність купрум(II) сульфату дорівнює при 80°C 55 г, а при 30°C – 25 г.
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 60°C розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0°C виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 60 і 0°C відповідно рівна 39,5 і 14,3 г.
4. Визначити масу кристалогідрату алюміній сульфату – вода (1/18), який викоисталізується при охолодженні 945 г насиченого при 100°C розчину алюміній сульфату (розчинність – 89 г) до 20°C (розчинність – 36,4 г).
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### **Варіант 6/5**

1. Визначити масу кристалогідрату барій хлориду – вода (1/2), що викристалізується, якщо 794 г насиченого при 100°C розчину (розчинність 58,8 г) охолодити до 10°C (розчинність 35,7 г).
2. Визначте масу кристалогідрату магній хлориду – вода (1/6), що викристалізується, якщо при охолодженні 692 г насиченого при 100° С розчину магній хлориду (розчинність 73 г) до 20°C (розчинність 54,5 г).
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 80°C розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0°C виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 80 і 0°C відповідно рівна 55 і 12 г.
4. Визначте масу залізного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80°C розчину ферум(II) сульфату до 30°C, якщо розчинність ферум(II) сульфату дорівнює при 80°C 45 г, а при 30°C - 15 г.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### **Варіант 7/5**

1. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при 80°C розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до 20°C (розчинність 37,2 г).
2. Визначте масу мідного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80° С розчину купрум(II) сульфату до 30°C, якщо розчинність купрум(II) сульфату дорівнює при 80°C 55 г, а при 30°C – 25 г.
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 60°C розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0°C виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 60 і 0°C відповідно рівна 39,5 і 14,3 г.
4. Визначити масу кристалогідрату алюміній сульфату – вода (1/18), який викоисталізується при охолодженні 945 г насиченого при 100°C розчину алюміній сульфату (розчинність – 89 г) до 20°C (розчинність – 36,4 г).
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### **Варіант 8/5**

1. Визначити масу кристалогідрату барій хлориду – вода (1/2), що викристалізується, якщо 794 г насиченого при 100°C розчину (розчинність 58,8 г) охолодити до 10°C (розчинність 35,7 г).

2. Визначте масу кристалогідрату магній хлориду – вода (1/6), що викристалізується, якщо при охолодженні 692 г насиченого при 100° С розчину магній хлориду (розчинність 73 г) до 20°С (розчинність 54,5 г).
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 80°С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0°С виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 80 і 0°С відповідно рівна 55 і 12 г.
4. Визначте масу залізного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80°С розчину ферум(II) сульфату до 30°С, якщо розчинність ферум(II) сульфату дорівнює при 80°С 45 г, а при 30°С - 15 г.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/5

1. Визначити масу амоній хлориду, що викристалізується, якщо 414 г насиченого при 80°С розчину (розчинність 65,6 г) охолодити до 20°С (розчинність 37,2 г).
2. Визначте масу мідного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80° С розчину купрум(II) сульфату до 30°С, якщо розчинність купрум(II) сульфату дорівнює при 80°С 55 г, а при 30°С – 25 г.
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 60°С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0°С виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 60 і 0°С відповідно рівна 39,5 і 14,3 г.
4. Визначити масу кристалогідрату алюміній сульфату – вода (1/18), який викристалізується при охолодженні 945 г насиченого при 100°С розчину алюміній сульфату (розчинність – 89 г) до 20°С (розчинність – 36,4 г).
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/5

1. Визначити масу кристалогідрату барій хлориду – вода (1/2), що викристалізується, якщо 794 г насиченого при 100°С розчину (розчинність 58,8 г) охолодити до 10°С (розчинність 35,7 г).
2. Визначте масу кристалогідрату магній хлориду – вода (1/6), що викристалізується, якщо при охолодженні 692 г насиченого при 100° С розчину магній хлориду (розчинність 73 г) до 20°С (розчинність 54,5 г).
3. Скільки грам мідного купоросу і води необхідно взяти для приготування такої кількості насиченого при 80°С розчину купрум сульфату, з якого при охолодженні до 0°С виділиться 25 г мідного купоросу? Розчинність безводного купрум сульфату при 80 і 0°С відповідно рівна 55 і 12 г.
4. Визначте масу залізного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80°С розчину ферум(II) сульфату до 30°С, якщо розчинність ферум(II) сульфату дорівнює при 80°С 45 г, а при 30°С - 15 г.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

1. Узято кристалічну речовину X фіолетового кольору. У лабораторії її використовують для добування газу А без кольору і запаху. Під час дії на речовину X хлоридною кислотою виділяється задушливий газ Б. Записати формулу речовини X і рівняння згаданих реакцій.
2. При змішуванні водних розчинів двох речовин, взятих у еквівалентних кількостях, випало 1,25 г осаду, що являє собою сіль двохвалентного металу М. Осад відділили фільтруванням. При нагріванні до 1100°С сіль розкладається з утворенням 0,70 г твердого оксиду МО і газоподібного оксиду. При випарюванні фільтрату після відділення осаду одержали 2,0 г сухого залишку, який при температурі розкладу 215°С дає два продукти: газоподібний оксид і 0,90 г водяної пари. Загальний об'єм парогазової суміші дорівнює 1,68 л (у перерахунку на нормальні умови). Визначте вихідні речовини і запишіть рівняння згаданих реакцій.
3. У так званих ізолюючих протигазах часто використовують здатність пероксиду натрію ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ )



та надпероксида калію (KO<sub>2</sub>) реагувати з вуглекислим газом з утворенням кисню. Запишіть рівняння відповідних реакцій та знайдіть склад суміші Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> з KO<sub>2</sub> у відсотках за масою, яка заміняє вуглекислий газ на кисень без зміни тиску в системі.

4. Об'єм суміші водню, метану (CH<sub>4</sub>) та кисню у результаті реакції між компонентами зменшився від 50 до 34 мл. Після пропускання продуктів реакції через розчин лугу об'єм зменшився ще на 5 мл (об'єми виміряні за однакових умов). Знайти склад вихідної суміші у відсотках за об'ємом. У яких випадках склад не може бути визначений однозначно?

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 6. Розв'язування задач на знаходження маси, об'єму, масової чи об'ємної частки компонентів суміші.

**Мета:** Формувати у студентів практичні навички знаходження маси, об'єму, масової чи об'ємної частки компонентів суміші.

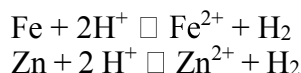
#### Семінарська частина

1. Масова частка речовини у суміші.
2. Об'ємна частка речовини у суміші.
3. Методика розв'язування задач з використанням системи двох рівнянь.
4. Ускладнені задачі.

#### Зразки розв'язків задач

**Задача 1.** При розчиненні в кислоті 2,33 г суміші заліза і цинку одержано 896 мл водню. Скільки г кожного з металів містилося в суміші?

#### Розв'язок



$$\begin{array}{l} \nu_1(\text{H}_2) = x; \quad \nu(\text{Fe}) = \nu_1(\text{H}_2) = \\ \nu_2(\text{H}_2) = y; \quad x; \\ \nu x = y = \nu(\text{Zn}) = \nu_2(\text{H}_2) = \\ 0,04 \quad y; \end{array} \quad \begin{array}{l} m(\text{Fe}) = \\ 56x; \\ m(\text{Zn}) = 65 \\ y; \end{array} \quad ; \quad \begin{array}{l} \nu = \frac{V}{V_m} \\ \nu(\text{H}_2) = \frac{0,896}{22,4} = 0,04 \text{ моль} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 56x + 65y = 2,33 \\ 65x + 65y = 2,6 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 56x + 65y = 2,33 \\ 9x = 0,27 \end{array}$$

$$65x + 65y = 2,6$$

$$56x + 65y = 2,33$$

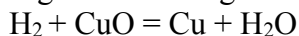
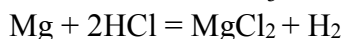
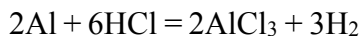
$$9x = 0,27$$

$$x = 0,03; \quad y = 0,01$$

$$m(\text{Fe}) = 56 \cdot 0,03 = 1,68 \text{ г}; \quad m(\text{Zn}) = 65 \cdot 0,01 = 0,65 \text{ г}$$

**Задача 2.** На суміш порошків алюмінію і магнію масою 30 г подіяли надлишком соляної кислоти, а газ, що виділювався, пропустили при 400°C через трубку з CuO, а потім з P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. У результаті маса другої трубки збільшилась на 27 г. Визначте масову частку Алюмінію в суміші в % з точністю до цілих.

**Розв'язок**



$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{27}{18} = 1,5 \text{ моль} = \nu(\text{H}_2)$$

$$\nu_1(\text{H}_2) = x; \quad \nu(\text{Al}) = \frac{2}{3} \nu_1(\text{H}_2) = \frac{2}{3} x; \quad m(\text{Al}) = 27 \left(\frac{2}{3} x\right) = 18x;$$

$$\nu_2(\text{H}_2) = y; \quad \nu(\text{Mg}) = \nu_2(\text{H}_2) = y; \quad m(\text{Mg}) = 24y;$$

$$\begin{cases} x + y = 1,5 \\ 18x + 24y = 30 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24x + 24y = 36 \\ 18x + 24y = 30 \end{cases}$$

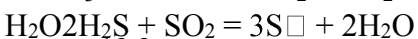
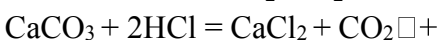
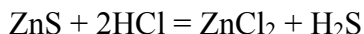
$$6x = 6$$

$$x = 1; \quad y = 0,5$$

$$W(\text{Al}) = \frac{18 \cdot 1}{30} = 0,6 = 60\%$$

**Задача 3.** На суміш цинк сульфід, натрій хлориду і кальцій карбонату масою 80 г подіяли надлишком хлоридної кислоти. При цьому утворилася суміш газів об'ємом 13,44 л (н.у.). При взаємодії цієї газової суміші з надлишком сульфур(IV) оксиду утворилася тверда речовина масою 19,2 г. Визначте масові частки речовин у вихідній суміші.

**Розв'язок**



$$\nu(\text{S}) = \frac{19,2}{32} = 0,6 \text{ моль}, \quad \nu(\text{H}_2\text{S}) = \frac{2}{3} \nu(\text{S}) = 0,4 \text{ моль}.$$

$$\nu(\text{газової суміші}) = \frac{13,44}{22,4} = 0,6$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 0,6 - 0,4 = 0,2$$

$$\nu(\text{ZnS}) = \nu(\text{H}_2\text{S}) = 0,4$$

$$m(\text{ZnS}) = 97 \cdot 0,4 = 38,8$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{CaCO}_3) = 0,2$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ г}$$

$$m(\text{NaCl}) = 80 - 38,8 - 20 = 21,2 \text{ г}$$

$$W(\text{ZnS}) = \frac{38,8}{80} = 0,485$$

$$W(\text{CaCO}_3) = \frac{20}{80} = 0,25$$

$$W(\text{NaCl}) = \frac{21,2}{80} = 0,265$$

**Задача 4.** Для нейтралізації суміші мурашиної та оцтової кислот масою 8,3 г витратили розчин з масовою часткою гідроксиду натрію 15% масою 40 г. Чому дорівнює масова частка оцтової кислоти в суміші кислот?

**Розв'язок**



$$n(\text{NaOH}) = \frac{40 \cdot 0,15}{40} = 0,15$$

$$\begin{cases} x = y = 0,15 \\ 60x = 46y = 8,3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 60x = 60y = 9 \\ 60x = 46y = 8,3 \end{cases}$$

$$14y = 0,7$$

$$y = 0,05; x = 0,1$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1 \cdot 60 = 6$$

$$W(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{6}{8,3} = 0,7229$$

*Групова робота*

- До 300 мл 0,6 М розчину нітратної кислоти додали 200 мл 0,6 М розчину натрій карбонату. Визначити склад утворених продуктів та їх молярні концентрації в утвореному розчині (змінюючи об'єм розчину знехтувати).
- У 100 г 20%-ного (за масою) водного розчину гідроксиду натрію обережно ввели  $x$  грам металічного натрію. У результаті реакції утворилося  $y$  г 40%-ного (за масою) розчину гідроксиду натрію.
  - Знайдіть значення  $x$  і  $y$ .
  - Обчисліть молярну концентрацію 40%-ного розчину гідроксиду натрію, якщо об'єм  $y$  грамів цього розчину в 7 разів менший об'єму 1 М розчину сірчаної кислоти, необхідної для його нейтралізації.
- До 20 г 40%-го розчину натрій гідроксиду долили 53,9 г 40%-го розчину сульфатної кислоти. Визначити склад утворених продуктів та їх масові частки в новоутвореному розчині.
- Для розчинення 14,4 г суміші магнію з магній оксидом витрачено 200 мл 4М розчину хлоридної кислоти. Визначте склад суміші.
- Маємо суміш хлороводню і дейтерій хлориду. Масова частка хлору в суміші становить 94,075%. Визначити масову частку дейтерій хлориду в суміші.
- Під час розчинення у хлоридній кислоті сплаву магнію з алюмінієм масою 50 г виділився водень об'ємом 48,25 л (н.у.). Визначте масові частки металів у сплаві.
- У хлоридній кислоті розчинили 4,04 г суміші заліза і залізної окалини. Дією амоніаку на утворений розчин осадили ферум(II), гідроксид, який легко окиснюється киснем повітря до ферум(III) гідроксиду. Осад відфільтрували і прожарили, внаслідок чого утворилось 4,40 г ферум(III) оксиду. Визначити масовий склад взятої суміші.
- При розчиненні в розчині лугу 2 г сплаву цинку з алюмінієм виділилось 1,904 дм<sup>3</sup> водню (н.у.). Визначити масовий склад у відсотках взятого сплаву.
- При розчиненні у воді 3,12 г суміші гідридів натрію і кальцію утворився розчин лугів, на нейтралізацію яких витрачено 70 см<sup>3</sup> 2 н. розчину нітратної кислоти. Визначити масовий склад суміші гідридів.

*Лабораторна частина  
Експериментальні задачі*

Умова: Вам видано суміш карбонатів натрію та калію масою 10 г. На цю суміш подіяти хлоридною кислотою до припинення виділення газу. Сухий залишок висушити і зважити. Визначити масові частки карбонатів у вихідній суміші.

### *Індивідуальна робота*

#### **Варіант 1/6**

1. Маємо суміш хлороводню і хлориду дейтерію. Масова частка Хлору в суміші становить 96,73%. Визначте масову частку хлориду дейтерію в суміші.
2. Суміш натрій карбонату і калій карбонату масою 7 г обробили сульфатною кислотою, взятою в надлишку. При цьому виділився газ об'ємом 1,344 л (н.у.) Визначити масові частки карбонатів у вихідній суміші.
3. Визначити масові частки речовин у розчині, що утворився внаслідок реакції між 70 мл 25% розчину натрій карбонату ( $\rho=1,21$ ) і 30 мл 25% розчину хлоридної кислоти ( $\rho=0,71$ ).
4. Суміш азоту, нітроген(I) оксиду та нітроген(II) оксиду об'ємом 264 мл пропустили через воду об'ємом 2 л. До 150 мл газів, які не поглинулися водою, добавили 48 мл кисню, після чого об'єм газів склав 165 мл. Усі виміри проводилися за однакових умов. Обчисліть об'ємну частку нітроген(I) оксиду у вихідній суміші (у %).
5. Сплав натрію і калію масою 13,1 г помістили в воду. Для нейтралізації одержаного розчину затратили розчин об'ємом 109,6 мл з масовою часткою нітратної кислоти 25% і густиною 1,15 г/мл. Чому дорівнює масова частка натрію в сплаві?
6. При нагріванні 2,64 г суміші, що містить мідний та залізний купороси, виділилось 1,08 г водяної пари. Визначте масовий склад (%) суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### **Варіант 2/6**

1. Маємо суміш звичайної води і важкої. Визначити масову частку важкої води в суміші, якщо масова частка Оксигену в суміші дорівнює 86%.
2. Суміш гідроген хлориду і гідроген броміду масою 5,51 г розчинили у воді. На нейтралізацію добутого розчину витратили калій гідроксид масою 5,04 г. Визначити масові частки галогеноводнів у вихідній суміші.
3. До 200 г 4,9%-го розчину фосфатної кислоти додали 50 г 6,4%-го розчину їдкого натру. Визначте склад утворених продуктів реакції та їх масові частки в утвореному розчині.
4. Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші ( $DH_2=26,2$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкого натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину соди. Визначити об'ємний склад газової суміші.
5. Для повного розчинення 7,42 г суміші залізної окалини з цинк оксидом потрібно 43,8 г 20%-ної HCl. Який об'єм водню може відновити цю суміш до металу?
6. При розчиненні у сульфатній кислоті суміші масою 10,48 г, що складалась з купрум(II) оксиду і цинк оксиду утворилась суміш масою 20,88 г, що складається купрум(II) сульфату і цинк сульфату. Визначте маси оксидів у вихідній суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### **Варіант 3/6**

1. Суміш сірководню та йодоводню об'ємом 1,792 л (н.у.) пропустили крізь надлишок розчину аргентум нітрату. При цьому утворився осад масою 19,19 г. Визначте масові й об'ємні частки газів у вихідній суміші.
2. Масова частка Оксигену в олеумі становить 64,42%. Визначити масові частки речовин в олеумі.
3. До 200 мл 0,5 М розчину натрій карбонату додали 300 мл 0,4 М розчину нітратної кислоти. Визначити склад утворених продуктів та їх молярні концентрації в утвореному розчині (змінюючи об'єму розчину знехтувати).
4. Марганець добувають електролізом водного розчину манган(II) сульфату з інертними електродами. Визначте, яку масу марганцю добуто, якщо на аноді зібраний кисень об'ємом 16,8 л (н.у.). Врахуйте, що вихід кисню кількісний, а вихід металу становить 84%.

5. Зразок сплаву цинку, алюмінію і міді масою 20 г обробили надлишком концентрованого розчину лугу. При цьому виділився газ об'ємом 7,1 л (н.у.). Маса нерозчинного залишку становила 2 г. Визначте масові частки металів у сплаві.
6. На 2 г суміші, що складається з металічного заліза і оксидів феруму (II, III), подіяли хлоридною кислотою. При цьому виділилось 224 мл (н. у.) водню. При відновленні 2 г суміші воднем отримано 0,423 г води. Обчисли склад вихідної суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### Варіант 4/6

1. Маємо суміш ферум(III) оксиду та залізної окалини. Визначити масові частки оксидів у суміші, якщо масова частка Оксигену в суміші дорівнює 29,21%.
2. Під час реакції з хлоридною кислотою сплаву магнію з алюмінієм масою 50 г виділився водень об'ємом 48,25 л (н.у.). Визначити масові частки металів у сплаві.
3. До 200 г 5,35%-го розчину натрій карбонату додали 300 г 3,36%-го розчину нітратної кислоти. Визначте склад утворених продуктів реакції та їх масові частки в утвореному розчині.
4. Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші ( $DH_2=26,2$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкого натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину соди. Визначити об'ємний склад газової суміші. Для нейтралізації 300 г 21%-ного розчину нітратної кислоти витрачено 45,2 г суміші кальцій та магній карбонатів. Визначити склад суміші карбонатів.
5. Суміш магнію і заліза масою 8 г обробили надлишком хлоридної кислоти, у результаті реакції виділилось 4,48 л водню (н. у.). Яка маса кожного металу була наявна в суміші?
6. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### Варіант 5/6

1. Маємо суміш сульфур(IV) оксиду та сульфур(VI) оксиду. Масова частка Оксигену в суміші становить 54,55%. Визначте масові частки оксидів у суміші.
2. При згорянні у кисні натрію утворюється пероксид  $Na_2O_2$ , калію – надпероксид  $KO_2$ . Зразок сплаву натрію з калієм масою 24,6 г спалили в кисні, добувши суміш продуктів горіння масою 42,2 г. Визначте масові частки металів у сплаві.
3. До 300 мл 0,6 М розчину нітратної кислоти додали 200 мл 0,6 М розчину натрій карбонату. Визначити склад утворених продуктів та їх молярні концентрації в утвореному розчині (змінюючи об'єм розчину знехтувати).
4. Через електролізер, який містить 300 мл 22,4% розчину калій гідроксиду ( $\rho=1,2$  г/см<sup>3</sup>), пропустили електричний струм. Обчисліть концентрацію гідроксиду калію в розчині після відключення струму, якщо відомо, що на катоді виділилось 89,6 л газу (н.у.).
5. Для нейтралізації 150 г 21%-ного розчину нітратної кислоти витрачено 31,3 г суміші натрій карбонату та калій карбонату. Визначити склад суміші карбонатів.
6. У результаті нагрівання 28,7 г суміші нітратів Na і K виділилося 3,36 л кисню (н. у.). Які маси натрій нітрату і калій нітрату були у вихідній суміші?
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### Варіант 6/6

1. Маємо суміш звичайної води і важкої. Визначити масову частку важкої води в суміші, якщо масова частка Оксигену в суміші дорівнює 86%.
2. Під час реакції з хлоридною кислотою сплави магнію з алюмінієм масою 77,4 г виділився водень об'ємом 44,8 л. Визначити масові частки металів у сплаві.
3. До 200 г 5,3%-го розчину натрій карбонату додали 300 г 2,52%-го розчину нітратної кислоти. Визначте склад утворених продуктів реакції та їх масові частки в утвореному розчині.
4. Спалили 5,6 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 26,2. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
5. При пропусканні через розчин NaOH вуглекислого газу (н.у.) утворилася суміш натрій карбонату та натрій гідрокарбонату масою 13,7 г. Для перетворення цих солей у NaCl потрібно 73 г 10%-ного HCl. Визначити об'єм вихідного вуглекислого газу.

6. При спалювання 20 л суміші метану й етану утворилось 24 л вуглекислого газу. Визначте об'ємні частки вуглеводів у складі суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### Варіант 7/6

1. Маємо суміш хлороводню і хлориду дейтерію. Масова частка Хлору в суміші становить 96,73%. Визначте масову частку хлориду дейтерію в суміші.
2. Суміш натрій карбонату і калій карбонату масою 7 г обробили сульфатною кислотою, взятою в надлишку. При цьому виділився газ об'ємом 1,344 л (н.у.) Визначити масові частки карбонатів у вихідній суміші.
3. Визначити масові частки речовин у розчині, що утворився внаслідок реакції між 70 мл 25% розчину натрій карбонату ( $\rho=1,21$ ) і 30 мл 25% розчину хлоридної кислоти ( $\rho=0,71$ ).
4. Газ, утворений на аноді при електролізі водного розчину калій хлориду, повністю прореагував з 750 мл 20%-ного розчину калій іодиду ( $\rho=1,2$  г/мл) з виділенням іоду. Скільки грамів калій гідроксиду утворилося при електролізі?
5. При пропусканні через розчин NaOH вуглекислого газу (н.у.) утворилася суміш натрій карбонату та натрій гідрогенкарбонату масою 13,7 г. Для перетворення цих солей у NaCl потрібно 73 г 10%-ного HCl. Визначити об'єм вихідного вуглекислого газу.
6. При спалювання 20 л суміші метану й етану утворилось 24 л вуглекислого газу. Визначте об'ємні частки вуглеводнів у складі суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### Варіант 8/6

1. Маємо суміш звичайної води і важкої. Визначити масову частку важкої води в суміші, якщо масова частка Оксигену в суміші дорівнює 86%.
2. Суміш водень хлориду і водень бромиду масою 5,51 г розчинили у воді. На нейтралізацію добутого розчину витратили калій гідроксид масою 5,04 г. Визначити масові частки галогеноводнів у вихідній суміші.
3. До 200 г 4,9%-го розчину фосфатної кислоти додали 50 г 6,4%-го розчину їдкого натру. Визначте склад утворених продуктів реакції та їх масові частки в утвореному розчині.
4. Визначити об'єм озонованого кисню із вмістом 25% озону, потрібного для спалювання 90 дм<sup>3</sup> суміші оксиду вуглецю (II), і водню, густина за воднем дорівнює 11,1.
5. Суміш мідного та залізного купоросів масою 1,20 г розчинили у воді, а до розчину додали надлишок BaCl<sub>2</sub>. Випав осад масою 1,086 г. Визначити склад суміші купоросів.
6. На спалювання 500 м<sup>3</sup> суміші пропану і бутану витрачають 2725 м<sup>3</sup> кисню. Визначте об'ємні частки газів у пропаново-бутановій суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

#### Варіант 9/6

1. Суміш сірководню та йодоводню об'ємом 1,792 л (н.у.) пропустили крізь надлишок розчину аргентум нітрату. При цьому утворився осад масою 19,19 г. Визначте масові й об'ємні частки газів у вихідній суміші.
2. Масова частка Оксигену в олеумі становить 64,42%. Визначити масові частки речовин в олеумі.
3. До 200 мл 0,5 М розчину натрій карбонату додали 300 мл 0,4 М розчину нітратної кислоти. Визначити склад утворених продуктів та їх молярні концентрації в утвореному розчині (змінюючи об'єм розчину знехтувати).
4. Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші ( $D_{H_2}=26,2$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкого натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину соди. Визначити об'ємний склад газової суміші.
5. При додаванні до 50 г води 2 г суміші натрію та натрій оксиду утворюється розчин з масовою часткою 5,4%. Визначити масову частку натрію в суміші.
6. До водного розчину, що містить 2,42 г алюміній сульфату та натрій сульфату додали надлишок розчину барій хлориду. Маса утвореного осаду дорівнювала 4,66 г. Визначте масу алюміній сульфату і масу натрій сульфату в розчині.

7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

### Варіант 10/6

1. Маємо суміш ферум(III) оксиду та залізної окалини. Визначити масові частки оксидів у суміші, якщо масова частка Оксигену в суміші дорівнює 29,21%.
2. Під час реакції з хлоридною кислотою сплаву магнію з алюмінієм масою 50 г виділився водень об'ємом 48,25 л (н.у.). Визначити масові частки металів у сплаві.
3. До 200 г 5,35%-го розчину натрій карбонату додали 300 г 3,36%-го розчину нітратної кислоти. Визначте склад утворених продуктів реакції та їх масові частки в утвореному розчині.
4. Спалили 5,6 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 26,2. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
5. Спалили суміш алюмінію та магнію. Маса продукту реакції стала в 1,75 разів більшою за масу вихідної суміші. Яка масова частка алюмінію в суміші?
6. 1,38 г суміші алюмінію і алюміній оксиду розчинили в розведеної сульфатній кислоті, отримавши 5,7 г безводного сульфату. Визначте склад вихідної суміші.
7. Скласти аналогічні задачі до попередніх типів і розв'язати їх.

### Варіативна складова

#### Творчі завдання

1. У результаті реакції між карбон(II) оксидом і киснем, що відбулася в суміші CO, CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>, густина за воднем суміші зросла від 17,40 до 19,33. Визначити склад вихідної і кінцевої газових сумішей, якщо суміш, що утворилася після реакції, не підтримує горіння.
2. Прожарювання зразку кальцій карбонату призвело до втрати маси на 29,33%. Наступне розчинення твердого залишку в соляній кислоті привело до виділення 0,56 л газу (н.у.). Визначте масу вихідного зразку кальцій карбонату.
3. Довжина зв'язку O–H у молекулі води дорівнює приблизно 0,1 нм (1 нм = 10<sup>-9</sup> м). Об'єм сфери обчислюється по формулі  $V = 4\pi R^3/3$ . Вважаючи молекулу води сферою радіусом 0,1 нм, розрахуйте, яка частина об'єму води припадає на пустий простір. Густину води прийняти рівною одиниці.
4. При розчиненні водневої сполуки двовалентного металу в 500 мл води утворився розчин із масовою часткою розчиненої речовини 3,33%, а маса реакційної суміші зменшилася на 0,4 г. Визначте метал.

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 7. Розв'язування задач на знаходження мольної частки компонентів суміші

**Мета:** Формувати у студентів практичні навички знаходження об'єму, чи мольної частки компонентів суміші.

#### Семінарська частина

1. Масова частка речовини у суміші.
2. Об'ємна частка речовини у суміші.
3. Методика розв'язування задач з використанням системи двох рівнянь.
4. Ускладнені задачі.

*Зразки розв'язків задач*

**Задача 1.** Густина суміші озону і кисню за воднем дорівнює 18. Знайдіть об'ємні частки газів у суміші.

$$M(\text{суміші}) = 2 \cdot 18 =$$

$$36 \text{ Для газів } \square = \square$$

$$M(\text{суміші}) = \square(O_3) M(O_3) + \square(O_2)$$

$$M(O_2) \text{ Нехай } \square(O_3) = x, \text{ тоді } \square(O_2) = 1-x$$

$$36 = 48x + 32(1-x) = 48x + 32 - 32x$$

$$4 = 16x$$

$$x = \frac{4}{16} = 0,25$$

$$\square(O_3) = 25\%; \quad \square(O_2) = 75\%.$$

**Задача 2.** Суміш етену і пропену об'ємом 11,2 л має густину за воднем 16,8. До суміші додали такий же об'єм водню і пропустили її над платиновим катализатором. Об'єм суміші на виході з реактора склав 17,92 л. Визначте склад початкової і кінцевої суміші газів (в % за об'ємом) і ступінь перетворення (в %), вважаючи, що вона однакова для обох алкенів. Всі об'єми зміряні при н.у.

**Розв'язок**

Визначимо склад початкової суміші. Нехай  $x$  – мольна частка етену.

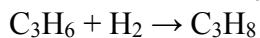
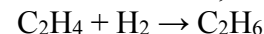
$$\text{Тоді } 28x + 42(1-x) = 16,8 \cdot 2,$$

$$14x = 8,4$$

$$x = 0,6.$$

Всього суміш містить 0,5 моль газів. Тобто її склад 0,3 моль етену і 0,2 моль пропену.

Водню також 0,5 моль. Загальний об'єм 22,4 л.



За реакцією видно, що об'єм суміші зменшується на об'єм водню, який вступив у реакцію.

Кінцевий об'єм відповідає 0,8 моль (17,92 : 22,4). Значить, в реакцію вступило 0,2 моль водню.

Це відповідає 40% його загальної кількості. Вуглеводнів також прореагувало в сумі 0,2 моль, що склало 40% їхньої загальної кількості.

Оскільки ступені перетворення алкенів за умовою однакові, то ступінь перетворення кожного з них складає 40%.

Визначимо склад кінцевої суміші.

$$H_2 - 0,3 \text{ моль}$$

$$C_2H_6 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ моль}$$

$$C_2H_4 - 0,3 \cdot 0,12 = 0,18 \text{ моль}$$

$$C_3H_8 - 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ моль.}$$

$$C_3H_6 - 0,2 \cdot 0,08 = 0,12 \text{ моль.}$$

**Задача 3.** Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші ( $D_{H_2} = 26,2$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через надлишок розчину їдкого натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину соди. Визначити масову частку солі в утвореному розчині.

**Розв'язок**

$$\square(\text{сум.}) = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль}$$

$$M(\text{сум.}) = 26,2 \cdot 2 = 52,4$$

$$\square(C_3H_8) = x$$



$$\begin{aligned}
n(\text{C}_4\text{H}_{10}) &= 1 - x \\
M_r &= n(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot M_r(\text{C}_3\text{H}_8) + \\
n(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot M_r(\text{C}_4\text{H}_{10}) &= 44x + 58(1-x) \\
5,6 &= 14x \\
x &= \frac{5,6}{14} = 0,4 = n(\text{C}_3\text{H}_8) \\
n(\text{C}_4\text{H}_{10}) &= 1 - 0,4 = 0,6 \\
n(\text{C}_3\text{H}_8) &= 0,4 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ моль} \\
n(\text{C}_4\text{H}_{10}) &= 0,6 \cdot 0,5 = 0,3 \\
\text{моль } \text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 &= 3\text{CO}_2 + \\
4\text{H}_2\text{O} \quad \text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5\text{O}_2 &= 4\text{CO}_2 + \\
5\text{H}_2\text{O} \\
n_1(\text{CO}_2) &= 3 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,6 \text{ моль} \\
n_2(\text{CO}_2) &= 4 \cdot n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 1,2 \text{ моль} \\
n(\text{CO}_2) &= 1,8 \text{ моль} \\
\text{CO}_2 + 2\text{KOH} &= \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \\
n(\text{K}_2\text{CO}_3) &= n(\text{CO}_2) = 1,8 \\
\text{моль } m(\text{K}_2\text{CO}_3) &= 1,8 \cdot 138 = \\
248,4 \text{ г} \\
W(\text{K}_2\text{CO}_3) &= \frac{248,4}{1200} = 0,207, \text{ або } 20,7\%
\end{aligned}$$

**Задача 4.** У замкнутій посудині змішали водень, кисень і хлор. Густина отриманої газової суміші за азотом становить 0,4625. Відомо, що в суміші міститься в 14 раз більше водню, ніж хлору за об'ємом. Суміш газів зірвали і охолодили. Визначте масову частку кислоти в розчині, який виявили в посудині.

#### Розв'язок

$$\begin{aligned}
n(\text{Cl}_2) &= x; \quad n(\text{H}_2) = 14x; \quad n(\text{O}_2) = 1 - (x + 14x) = 1 - 15x \\
M_r(\text{суміші}) &= 0,4625 \cdot 28 = 12,95 \\
M_r(\text{суміші}) &= n(\text{Cl}_2) \cdot M_r(\text{Cl}_2) + n(\text{H}_2) \cdot M_r(\text{H}_2) + \\
n(\text{O}_2) \cdot M_r(\text{O}_2) &= 71x + 2 \cdot 14x + 32(1 - 15x) \\
381x &= 19,05 \\
x &= 0,05 = n(\text{Cl}_2), \text{ бо для газів } n = \frac{m}{M} \\
n(\text{H}_2) &= 0,7; \quad n(\text{O}_2) = 0,25 \\
\text{Прийmemo об'єм газової суміші за 1 моль, тоді } n(\text{Cl}_2) &= 0,05 \text{ моль; } n(\text{H}_2) = 0,7 \text{ моль; } n(\text{O}_2) = \\
0,25 \text{ моль;} \\
2\text{H}_2 + \text{O}_2 &= 2\text{H}_2\text{O} \quad n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 0,5 \text{ моль; } m(\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ г} \\
\text{H}_2 + \text{Cl}_2 &= 2\text{HCl} \quad n(\text{HCl}) = 2 \cdot n(\text{Cl}_2) = 0,1 \text{ моль; } m(\text{HCl}) = n \cdot M = 0,1 \cdot 36,5 = \\
3,65 \text{ г} \quad m(\text{р-ну}) &= m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{HCl}) = 9 + 3,65 = 12,65 \\
W(\text{HCl}) &= \frac{m(\text{HCl})}{m(\text{р-ну})} = \frac{3,65}{12,65} = 0,29 \text{ або } 29\%
\end{aligned}$$

#### Групова робота

1. Спалили 13,44 л (н.у.) етен-етанової суміші ( $D_{\text{пов.}} = 0,9$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкого натру, в результаті чого утворилося 800 г розчину соди. Визначити об'ємний склад газової суміші.
2. Спалили 28 л (н.у.) етан-бутанової суміші, густина за киснем якої дорівнює 3. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
3. При пропусканні крізь водний розчин бромиду 29,12 л (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, бутену і пентану, прореагувало 260 г 20%-ного розчину бромиду. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 13,7. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.

4. При пропусканні через 8%-ний розчин бромиду 5,6 л (н.у.) суміші метану, етану та етену, густина якої за воднем дорівнює 12,15, прореагувало 200 г розчину бромиду. Визначте об'ємний склад суміші газів.
5. Спалили 3,36 л (н.у.) бутан-пентанової суміші, густина за гелієм якої дорівнює 15,9. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 300 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
6. При пропусканні крізь водний розчин бромиду 29,12 л (н. у.) газової суміші, що складається з пропану, пропіну і пентану, прореагувало 208 г 20%-ного розчину бромиду. Густина за азотом цієї суміші дорівнює 2,037. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
7. Відносна густина за киснем суміші трьох газів, що утворилися в результаті неповного термічного розкладу сульфур(VI) оксиду, дорівнює 1,95. Скільки відсотків речовини зазнало розкладу?

*Лабораторна частина*  
**Експериментальні задачі**

Умова: Вам видано суміш карбонатів натрію та калію масою 10 г. На цю суміш подіяти хлоридною кислотою до припинення виділення газу. Сухий залишок висушити і зважити. Визначити масові частки карбонатів у вихідній суміші.

*Індивідуальна робота*

**Варіант 1/7**

1. Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші ( $D_{H_2}=26,2$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкого натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину соди. Визначити об'ємний склад газової суміші.
2. Для спалювання 40 см<sup>3</sup> суміші пропану з бутаном витрачено 248 см<sup>3</sup> кисню. Визначити об'ємний склад пропан-бутанової суміші у відсотках.
3. При пропусканні крізь водний розчин бромиду 5,6 дм<sup>3</sup> (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, бутену і пентану, прореагувало 12 г бромиду. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 29,4. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
4. Визначити об'єм вуглекислого газу, який виділиться при спалюванні 56 дм<sup>3</sup> (н. у.) пентан-гексанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 38,8.
5. У колбі об'ємом 5 л міститься суміш кисню і озону, густина якої за воднем становить 18. Обчислити об'ємні частки кисню і озону.
6. Об'ємна частка амоніаку в суміші з киснем дорівнює 40%. Знайдіть густину даної суміші за повітрям.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

**Варіант 2/7**

1. Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина якої за гелієм дорівнює 13,1. Утворений вуглекислий газ пропустили через надлишок розчину луку, в результаті чого утворилось 900 г розчину. Визначте масову частку (%) соди в утвореному розчині.
2. Суміш метану та етилену із середньою молекулярною масою 22 піддали неповному гідруванню, після чого її густина за воднем становила 11,25. Знайдіть об'ємну частку етилену, що прореагував.
3. Спалили 2,24 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 27,6. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 400 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
4. При пропусканні крізь водний розчин бромиду 15,68 дм<sup>3</sup> (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, пропану і етену, прореагувало 22,4 г бромиду. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 23,9. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
5. Густина суміші нітроген(II) оксиду і нітроген(IV) оксиду за воднем дорівнює 17,8. Знайдіть масову частку нітроген(IV) оксиду в суміші.
6. Суміш аргону і кисню (густина за воднем 17,33) піддали дії електричного розряду, після чого її густина зросла до 19,47. Обчисліть об'ємні частки газів до і після експерименту.

7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/7

1. Спалили 5,6 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 26,2. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкового натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
2. Спалили 13,44 л (н.у.) етан-пропанової суміші, густина за гелієм якої дорівнює 9,775. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкового натру, в результаті чого утворилося 400 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
3. При пропусканні крізь водний розчин брому 20,16 л (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, пропану і етену, прореагувало 57,6 г бром. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 20,9. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
4. Спалили 17,92 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за повітрям якої дорівнює 1,8. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкового натру, в результаті чого утворилося 400 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
5. Обчислити відносну густину за азотом суміші газів, яка складається із бутану і вуглекислого газу, якщо в цій суміші на три атоми Карбону припадає один атом Оксигену.
6. Визначте відносну густину за повітрям газової суміші, що складається з 8,0 г кисню і 7,5 г етану.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/7

1. Спалили 11,2 л (н.у.) пропан-бутанової суміші ( $D_{H_2}=26,2$ ). Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин їдкового натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину соди. Визначити об'ємний склад газової суміші.
2. Спалили 26,88 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 27,6. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкового натру, в результаті чого утворилося 500 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
3. При пропусканні крізь водний розчин брому 26,88 л (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, бутену і пентану, прореагувало 29,16 г бром. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 32,9. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
4. При пропусканні через 8%-ний розчин брому 5,6 л (н.у.) суміші пропану, бутану та бут-1-ену, густина якої за воднем дорівнює 25,8 л, прореагувало 200 г розчину бром. Визначте об'ємний склад суміші газів.
5. Визначити молярну масу суміші, якщо в її складі 5 моль CO, 7 моль CO<sub>2</sub>, 3 моль N<sub>2</sub>.
6. Визначити об'єми за н.у. ацетилену та етилену в 100 л суміші з D за H<sub>2</sub> = 13,5.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/7

1. Спалили 29,12 л (н.у.) етан-пропанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 21,3. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкового натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
2. При пропусканні крізь водний розчин брому 33,6 л (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, бутену і пентану, прореагувало 120 г бром. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 30,6. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
3. Спалили 7,84 л (н.у.) метан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 20,18. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкового натру, в результаті чого утворилося 600 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
4. При пропусканні через 8%-ний розчин брому 11,2 л (н.у.) суміші пропану, бутану та бутену-2, густина якої за гелієм дорівнює 12,9, прореагувало 400 г розчину бром. Визначити об'ємний склад (%) газової суміші.
5. Визначити молярну масу суміші, якщо в її складі: 25 г NO<sub>2</sub>, 30 г CO<sub>2</sub>, 60 г O<sub>2</sub>.
6. Визначити об'єми за н.у. етану і пропану в 150 г суміші з молярною масою 40 г / моль.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/7

1. На нейтралізацію 69 г олеуму пішло 149 мл розчину калій гідроксиду з масовою часткою 40% ( $\rho = 1,41$  г/мл). Знайдіть кількість речовини сульфур(IV) оксиду, що припадає на 1 моль сульфатної кислоти в олеумі.
2. Спалили 4,48 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 25,85. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 500 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
3. При пропусканні крізь водний розчин бромю 28 л (н. у.) газової суміші, що складається з бутану, бутену і пентану, прореагувало 80 г бромю. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 45,5. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
4. Спалили 49,28 л (н.у.) метан-етенної суміші, густина за гелієм дорівнює 5,5. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 500 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
5. Визначити молярну масу суміші, якщо в її складі: 56 мл CO, 112 мл H<sub>2</sub>, 4,48 л N<sub>2</sub> (н.у.).
6. Який об'єм кисню і повітря (н.у.) знадобиться для спалювання 56 л суміші CO і H<sub>2</sub> з D за H<sub>2</sub> = 10. Об'ємна частка кисню в повітрі дорівнює 21%.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/7

1. Спалили 8,96 л (н.у.) етан-пропанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 37. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 200 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
2. При пропусканні крізь водний розчин бромю 56 л (н. у.) газової суміші, що складається з метану, етану й етену, прореагувало 240 г бромю. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 12,3. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
3. При пропусканні крізь водний розчин бромю 7,84 л (н. у.) газової суміші, що складається з етену, пропану і бутану, прореагувало 11,2 г бромю. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 23,9. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
4. Суміш етану та пропену із середньою молекулярною масою 32 піддали неповному гідруванню, після чого її густина за воднем становила 18. Знайдіть об'ємну частку етилену, що прореагував.
5. Визначити молярну масу суміші, якщо в її складі: 30% за масою CO і 70% CO<sub>2</sub>.
6. Який об'єм кисню і повітря (н.у.) знадобиться для спалювання 150 г суміші ацетилену і етилену з D за повітрям = 1. Об'ємна частка кисню в повітрі дорівнює 21%.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/7

1. Спалили 56 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 26,2. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 800 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
2. При пропусканні крізь водний розчин бромю 16,8 л (н. у.) газової суміші, що складається з метану, етану й етену, прореагувало 42 г бромю. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 12,9. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
3. Спалили 2,24 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 26,2. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдкого натру, в результаті чого утворилося 200 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
4. При пропусканні через 6%-ний розчин бромю 8,96 л (н.у.) суміші метану, пропану та бут-1-ену, густина якої за воднем дорівнює 20,3, прореагувало 320 г розчину бромю. Визначте об'ємний склад (%) суміші газів.
5. Визначити молярну масу суміші, якщо в її складі азот і кисень в мольному співвідношенні 2:5.
6. Який об'єм водню може приєднати 56 л суміші пропену і пропіну з D за H<sub>2</sub> = 21,5?
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/7

1. Спалили 67,2 л (н.у.) етан-пропанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 20,11. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдконого натру, в результаті чого утворилося 1200 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
2. При пропусканні крізь водний розчин брому 56 л (н. у.) газової суміші, що складається з метану, етану й етену, прореагувало 240 г брому. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 12,3. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
3. У результаті реакції між карбон(II) оксидом і киснем, що відбулася в суміші CO, CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>, густина за воднем суміші зросла від 17,40 до 19,33. Визначити склад вихідної і кінцевої газових сумішей, якщо суміш, що утворилася після реакції, не підтримує горіння.
4. Спалили 13,44 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина якої за киснем дорівнює 1,625. Продукти горіння пропустили через розчин із надлишком їдконого натру, в результаті чого утворилося 500 г розчину. Визначити масову частку карбонату натрію в утвореному розчині.
5. Визначити масову і об'ємну частку важчого газу в суміші CO і NO з відносною щільністю за воднем 14,5.
6. Який об'єм водню може приєднати 50 г суміші етену і пропену з густиною рівною густині кисню.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/7

1. Спалили 5,6 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина якої за повітрям дорівнює 1,71. Продукти горіння пропустили через розчин із надлишком їдконого натру, в результаті чого утворилося 500 г розчину. Визначити масову частку карбонату натрію в утвореному розчині.
2. Спалили 28 л (н.у.) пропан-бутанової суміші, густина за воднем якої дорівнює 28,65. Утворений вуглекислий газ пропустили через розчин надлишку їдконого натру, в результаті чого утворилося 500 г розчину. Визначте масову частку соди в утвореному розчині.
3. При пропусканні крізь водний розчин брому 39,2 л (н. у.) газової суміші, що складається з метану, етану й етену, прореагувало 70 г брому. Густина за воднем цієї суміші дорівнює 10,55. Визначити об'ємний склад у відсотках цієї суміші.
4. При пропусканні через 5%-ний розчин брому 28 л (н.у.) суміші етану, пропану та бут-1-ену, густина якої за воднем дорівнює 18,3, прореагувало 800 г розчину брому. Визначте об'ємний склад (%) суміші газів.
5. Визначити масову і об'ємну частку більш важчого газу в суміші азоту й амоніаку, 1 л якої за н.у. важить 1 г.
6. Густина за воднем газової суміші, що складається з етену і парів води, дорівнює 11. Після пропускання цієї суміші через контактний апарат для синтезу етанолу її густина за воднем стала рівною 15. Визначте об'ємну частку парів етанолу в реакційній суміші та відсоток перетворення етену в етанол.
7. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

1. Скільки молекул метилового спирту (CH<sub>3</sub>OH) і води міститься в 100 мл 12%-вого водного розчину метилового спирту, густина якого 0,98 г/см<sup>3</sup>?
2. Хімічний елемент X широко застосовується в металургії, літакобудуванні та інших галузях промисловості. Найважливіші руди цього елемента містять його вищий солетворний оксид. Хлорид, у якому елемент проявляє валентність відповідно до його місця в періодичній системі, містить 74,74% хлору. Який це елемент?
3. У атмосфері кисню спалили 6 г деякої речовини Y. Одержану при згорянні речовину кількісно поглинули 38,57 мл 37%-вого розчину їдконого натру ( $\rho = 1,40$ ). Масова частка луку в утвореному розчині зменшилася у 2 рази в порівнянні з початковою, причому, утворений розчин може хімічно зв'язати 11,2 л вуглекислого газу (умови нормальні). Яку речовину спалили?
4. При 100°C у 100 г води розчиняється 347 г натрій гідроксиду.

- Яка масова частка NaOH в отриманому розчині?
- Яка мольна частка NaOH в отриманому розчині?
- Скільки молекул води припадає на 1 атом (точніше, йон) натрію в отриманому розчині?

### Рекомендована література

#### Основна

- Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
- Ерыгин Д.П., Шишкин Е.А. Методика решения задач по химии. – М.: Просвещение, 1989. – 176 с.
- Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
- Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

- Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
- Слета Л.А., Черный А.В., Холин Ю.В. 1001 задача по химии с ответами, указаниями, решениями. – Харьков: Ранок, 2000. – 368 с.
- Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 8. Розв'язування задач за термохімічними рівняннями реакцій

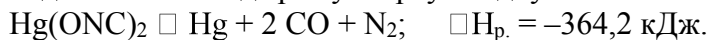
**Мета:** закріпити знання про тепловий ефект хімічних реакцій; продовжити формувати вміння складати термохімічні рівняння реакцій; навчити студентів розв'язувати задачі за термохімічними рівняннями; удосконалювати навички розв'язування розрахункових задач.

#### Семінарська частина

- Які рівняння хімічних реакцій називаються термохімічними?
- Що таке тепловий ефект хімічної реакції?
- Які реакції називаються екзотермічними?
- Які реакції називаються ендотермічними?

#### Зразки розв'язків

**Задача 1.** Розклад гримучої ртуті відбувається з вибухом за таким рівнянням реакції:



Визначте кількість теплоти, яка виділиться при вибухові 1,539 кг  $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ .

#### Розв'язок

$$\square = \frac{m}{M} \text{ моль}$$

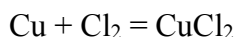
$$\square(\text{Hg}(\text{ONC})_2) = \frac{1539 \text{ г}}{285 \text{ г/моль}} = 5,4 \text{ моль}$$

З 1 моль  $\text{Hg}(\text{ONC})_2$  виділяється 364,2 кДж теплоти, отже, при розкладі 5,4 моль гримучої ртуті виділиться теплоти:

$$5,4 \square 364,2 = 1966,68 \text{ кДж}$$

**Задача 2.** При утворенні 8,10 г купрум(II) хлориду виділяється 13,4 кДж тепла. Запишіть термохімічне рівняння утворення купрум(II) хлориду з простих речовин.

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}$$

$$\square(\text{CuCl}_2) = \frac{8,10 \text{ г}}{135 \text{ г/моль}} = 0,06 \text{ моль}$$

Щоб записати термохімічне рівняння, необхідно визначити кількість теплоти, яка виділиться при утворенні 1 моль купрум(II) хлориду:

0,06 моль  $\text{CuCl}_2$  виділяється 13,4 кДж тепла

1 моль                      –                      x

$$x = \frac{13,4 \text{ кДж}}{0,06 \text{ моль}} = 223,33 \text{ кДж/моль}$$

$\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$ ;       $\Delta H = -223,33 \text{ кДж}$

**Задача 3.** Обчисліть тепловий ефект реакцій горіння магнію, якщо при згорянні 0,04 моль магнію виділяється 25,6 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння.

$\text{Mg} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO}$

Для визначення теплового ефекту горіння магнію необхідно визначити кількість теплоти, яка виділяється при згорянні 1 моль магнію.

При згорянні 0,04 моль Mg виділяється 25,6 кДж теплоти

При згорянні 1 моль Mg виділяється x кДж теплоти

$$x = \frac{25,6}{0,04} = 635 \text{ кДж}$$

$\text{Mg} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO}$ ;       $\Delta H = -635 \text{ кДж}$

**Задача 4.** За термохімічним рівнянням реакції  $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$ ;  $\Delta H = -1118 \text{ кДж}$  обчисліть масу заліза, що згоріла, якщо при цьому виділилося 559 кДж теплоти.

За рівнянням реакції при спалюванні 3 моль заліза виділяється 1118 кДж теплоти.

x моль заліза виділиться 559 кДж теплоти.

$$x = \frac{3 \cdot 559}{1118} = 1,5 \text{ моль}$$

$m = n \cdot M$

$m(\text{Fe}) = 1,5 \text{ моль} \cdot 56 = 84 \text{ г}$

**Задача 5.** Визначити кількість теплоти, яка утвориться при спалюванні 515 г суміші ацетону і метанолу, густина за воднем якої дорівнює 25,75, якщо при спалюванні 1 моль ацетону виділяється 1821,7 кДж теплоти, а 1 моль метанолу – 726,3 кДж теплоти.

#### Розв'язок

Визначимо відносну молекулярну масу суміші.

$M_r = D \cdot M_r(\text{H}_2)$

$M_r(\text{суміші}) = 25,75 \cdot 2 = 51,5$

Прийmemo, що мольна частка (x) ацетону в суміші дорівнює x, тоді мольна частка метанолу становитиме (1 - x)

$M_r(\text{суміші}) = x_1 \cdot M_{r1} + x_2 \cdot M_{r2}$

$M_{r2} 51,5 = 58x + 32(1 - x)$

$51,5 = 58x + 32 - 32x$

$19,5 = 26x$

$x = 0,75$

$x(\text{ацетону}) = 0,75$

$x(\text{метанолу}) = 0,25$

Знаючи масу та відносну молекулярну масу суміші, знайдемо кількість речовини суміші.

$$x = \frac{m}{M}$$

$$x(\text{сум.}) = \frac{515}{51,5} = 101 \text{ моль}$$

Знайдемо кількості речовини ацетону та метанолу в суміші.

$$x = \frac{x(\text{чист. р.}) \cdot n(\text{ни})}{n(\text{суміші})}$$

- (чист.р-ни) = □ □ □(суміші)  
 □(ацетону) = 0,75 □ 10 моль = 7,5 моль  
 □(метанолу) = 0,25 □ 10 = 2,5 моль

При спалюванні 7,5 моль ацетону виділиться теплоти:

$$7,5 \square 1821,7 \text{ кДж} = 13662,75 \text{ кДж}$$

При спалюванні 2,5 моль ацетону виділиться теплоти:

$$2,5 \square 726,3 \text{ кДж} = 1815,75 \text{ кДж}$$

Отже, при спалюванні 515 г суміші виділиться теплоти:

$$13662,75 \text{ кДж} + 1815,75 \text{ кДж} = 15478,5 \text{ кДж}$$

### Групова робота

1. Термохімічне рівняння реакції горіння сірки  $S + O_2 = SO_2$ ,  $\square H = - 293,76 \text{ кДж}$ . Яка кількість теплоти виділиться від горіння 2 г сірки.
2. За термохімічним рівнянням  $Mg + 1/2O_2 = 2MgO$ ,  $\Delta H = - 616 \text{ кДж}$  обчисліть, скільки теплоти виділиться під час спалювання 1,52 г магнію.
3. При сполученні 2,1 г заліза з сіркою виділилося 3,77 кДж тепла. Запишіть термохімічне рівняння реакції.
4. На розклад гідраргірум(II) оксиду масою 8,68 г витратили 3,64 кДж теплоти. Запишіть термохімічне рівняння реакції.
5. За термохімічним рівнянням  $KNO_3 \square KNO_2 + NO_2 + 1/2O_2$ ,  $\Delta H = +255 \text{ кДж}$ , обчисліть кількість теплоти, яка поглинеться при одержанні кисню об'ємом 6,72 л (н.у.).
6. За термохімічним рівнянням  $2NH_3 \square N_2 + 3H_2$ ,  $\Delta H = +92 \text{ кДж}$ , обчисліть кількість теплоти, необхідну для розкладу 5 моль амоніаку. Обчисліть кількість теплоти утворення 1 моль амоніаку.
7. При дії води на сульфур(VI) оксид масою 40 г, що містить 20% домішок, виділилося 272,8 кДж теплоти. Визначте тепловий ефект реакції та запишіть термохімічне рівняння реакції.

### Лабораторна частина

#### Експериментальні задачі

У пропорованих Вам трьох пронумерованих пробірках містяться розчини солей, які можуть бути утворені катіонами натрію, магнію чи алюмінію та аніонами хлоридної, сульфатної чи ортофосфатної кислот. Відомо, що в кожній пробірці знаходиться розчин тільки однієї речовини (концентрація складає 0,1 моль/л).

Виходячи з вище зазначеного:

1. Обґрунтуйте, які речовини не можуть знаходитись у пробірках? Яка сіль обов'язково повинна міститись в одній з пробірок?
2. Запропонуйте план експерименту, за допомогою якого, користуючись лише виданими Вам реактивами (розчини барій хлориду, аргентум(I)нітрату та натрій гідроксиду), можливо встановити вміст кожної пробірки.
3. Експериментально визначте, яка сіль знаходиться в кожній з пронумерованих пробірок. Напишіть молекулярні та іонно-молекулярні рівняння проведених хімічних реакцій.

### Індивідуальна робота

#### Варіант 1/8

1. Дано термохімічне рівняння реакції горіння карбон(II) оксиду:  $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g)$ ,  $\Delta H = - 566 \text{ кДж}$ . Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 4 моль карбон(II) оксиду
2. За певних умов вуглець масою 120 г окиснюють до карбон(II) оксиду. При цьому виділяється 1105 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння реакції.
3. Дано термохімічне рівняння реакції:  $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$ ,  $\Delta H = - 566 \text{ кДж}$ . Обчисліть об'єм карбон(II) оксиду (н.у.), що його треба спалити, аби одержати кількість теплоти, достатньої для розкладу вапняку масою 1000 кг за рівнянням реакції:  $CaCO_3 (т) = CaO (т) + CO_2 (г)$ ,  $\Delta H = + 180 \text{ кДж}$ .



4. При відновленні вуглецем купрум(II) оксиду масою 7,95 г поглинаються 5,15 кДж теплоти. Обчисліть кількість теплоти, необхідної для добування таким чином 100 г металічної міді.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/8

1. За наведеним термохімічним рівнянням добування амоніаку  $N_{2(г)} + 3H_{2(г)} \rightleftharpoons 2NH_{3(г)}$ ,  $\Delta H = -92$  кДж. обчисліть: а) кількість теплоти, що виділяється під час утворення 5 моль аміаку; б) об'єм водню (н.у.), що прореагував, якщо під час реакції виділилось 607,2 кДж теплоти.
2. Напишіть термохімічне рівняння розкладання гідроген пероксиду:  $H_2O_{2(г)} = H_{2(г)} + O_{2(г)}$ , коли відомо, що під час розкладання 20,4 г  $H_2O_2$  виділилось 30,42 кДж.
3. Дано термохімічне рівняння горіння вуглецю:  $C(г) + O_{2(г)} = CO_{2(г)}$ ;  $\Delta H = -394$  кДж. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н.у.), що утворився під час реакції, якщо виділилося 985 кДж теплоти.
4. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при горінні сірки масою 64 г, якщо тепловий ефект реакції становить 310 кДж.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/8

1. Дано термохімічне рівняння реакції горіння карбон(II) оксиду:  $2CO(г) + O_{2(г)} = 2CO_{2(г)}$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 4 моль карбон(II) оксиду
2. За певних умов вуглець масою 120 г окиснюють до карбон(II) оксиду. При цьому виділяється 1105 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння реакції.
3. Дано термохімічне рівняння реакції:  $2CO + O_2 = 2CO_2$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть об'єм карбон(II) оксиду (н.у.), що його треба спалити, аби одержати кількість теплоти, достатньої для розкладу вапняку масою 1000 кг за рівнянням реакції:  $CaCO_{3(г)} = CaO(г) + CO_{2(г)}$ ,  $\Delta H = +180$  кДж.
4. При відновленні вуглецем купрум(II) оксиду масою 7,95 г поглинаються 5,15 кДж теплоти. Обчисліть кількість теплоти, необхідної для добування таким чином 100 г металічної міді.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/8

1. За наведеним термохімічним рівнянням добування амоніаку  $N_{2(г)} + 3H_{2(г)} = 2NH_{3(г)}$ ,  $\Delta H = -92$  кДж. обчисліть: а) кількість теплоти, що виділяється під час утворення 5 моль аміаку; б) об'єм водню (н.у.), що прореагував, якщо під час реакції виділилось 607,2 кДж теплоти.
2. Напишіть термохімічне рівняння розкладання гідроген пероксиду:  $H_2O_{2(г)} = H_{2(г)} + O_{2(г)}$ , коли відомо, що під час розкладання 20,4 г  $H_2O_2$  виділилось 30,42 кДж.
3. Дано термохімічне рівняння горіння вуглецю:  $C(г) + O_{2(г)} = CO_{2(г)}$ ;  $\Delta H = -394$  кДж. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н.у.), що утворився під час реакції, якщо виділилося 985 кДж теплоти.
4. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при горінні сірки масою 64 г, якщо тепловий ефект реакції становить 310 кДж.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/8

1. Дано термохімічне рівняння реакції горіння карбон(II) оксиду:  $2CO(г) + O_{2(г)} = 2CO_{2(г)}$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 4 моль карбон(II) оксиду
2. За певних умов вуглець масою 120 г окиснюють до карбон(II) оксиду. При цьому виділяється 1105 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння реакції.
3. Дано термохімічне рівняння реакції:  $2CO + O_2 = 2CO_2$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть об'єм карбон(II) оксиду (н.у.), що його треба спалити, аби одержати кількість теплоти, достатньої для розкладу вапняку масою 1000 кг за рівнянням реакції:  $CaCO_{3(г)} = CaO(г) + CO_{2(г)}$ ,  $\Delta H = +180$  кДж.
4. При відновленні вуглецем купрум(II) оксиду масою 7,95 г поглинаються 5,15 кДж теплоти. Обчисліть кількість теплоти, необхідної для добування таким чином 100 г металічної міді.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/8

1. За наведеним термохімічним рівнянням добування амоніаку  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} = 2NH_{3(g)}$ ,  $\Delta H = -92$  кДж. обчисліть: а) кількість теплоти, що виділяється під час утворення 5 моль аміаку; б) об'єм водню (н.у.), що прореагував, якщо під час реакції виділилось 607,2 кДж теплоти.
2. Напишіть термохімічне рівняння розкладання гідроген пероксиду:  $H_2O_{2(g)} = H_{2(g)} + O_{2(g)}$ , коли відомо, що під час розкладання 20,4 г  $H_2O_2$  виділилось 30,42 кДж.
3. Дано термохімічне рівняння горіння вуглецю:  $C(r) + O_{2(g)} = CO_{2(g)}$ ;  $\Delta H = -394$  кДж. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н.у.), що утворився під час реакції, якщо виділилося 985 кДж теплоти.
4. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при горінні сірки масою 64 г, якщо тепловий ефект реакції становить 310 кДж.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/8

1. Дано термохімічне рівняння реакції горіння карбон(II) оксиду:  $2CO(r) + O_{2(g)} = 2CO_{2(g)}$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 4 моль карбон(II) оксиду
2. За певних умов вуглець масою 120 г окиснюють до карбон(II) оксиду. При цьому виділяється 1105 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння реакції.
3. Дано термохімічне рівняння реакції:  $2CO + O_2 = 2CO_2$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть об'єм карбон(II) оксиду (н.у.), що його треба спалити, аби одержати кількість теплоти, достатньої для розкладу вапняку масою 1000 кг за рівнянням реакції:  $CaCO_{3(r)} = CaO_{(r)} + CO_{2(r)}$ ,  $\Delta H = +180$  кДж.
4. При відновленні вуглецем купрум(II) оксиду масою 7,95 г поглинаються 5,15 кДж теплоти. Обчисліть кількість теплоти, необхідної для добування таким чином 100 г металічної міді.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/8

1. За наведеним термохімічним рівнянням добування амоніаку  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} = 2NH_{3(g)}$ ,  $\Delta H = -92$  кДж. обчисліть: а) кількість теплоти, що виділяється під час утворення 5 моль аміаку; б) об'єм водню (н.у.), що прореагував, якщо під час реакції виділилось 607,2 кДж теплоти.
2. Напишіть термохімічне рівняння розкладання гідроген пероксиду:  $H_2O_{2(g)} = H_{2(g)} + O_{2(g)}$ , коли відомо, що під час розкладання 20,4 г  $H_2O_2$  виділилось 30,42 кДж.
3. Дано термохімічне рівняння горіння вуглецю:  $C(r) + O_{2(g)} = CO_{2(g)}$ ;  $\Delta H = -394$  кДж. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н.у.), що утворився під час реакції, якщо виділилося 985 кДж теплоти.
4. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при горінні сірки масою 64 г, якщо тепловий ефект реакції становить 310 кДж.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/8

1. Дано термохімічне рівняння реакції горіння карбон(II) оксиду:  $2CO(r) + O_{2(g)} = 2CO_{2(g)}$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 4 моль карбон(II) оксиду
2. За певних умов вуглець масою 120 г окиснюють до карбон(II) оксиду. При цьому виділяється 1105 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння реакції.
3. Дано термохімічне рівняння реакції:  $2CO + O_2 = 2CO_2$ ,  $\Delta H = -566$  кДж. Обчисліть об'єм карбон(II) оксиду (н.у.), що його треба спалити, аби одержати кількість теплоти, достатньої для розкладу вапняку масою 1000 кг за рівнянням реакції:  $CaCO_{3(r)} = CaO_{(r)} + CO_{2(r)}$ ,  $\Delta H = +180$  кДж.
4. При відновленні вуглецем купрум(II) оксиду масою 7,95 г поглинаються 5,15 кДж теплоти. Обчисліть кількість теплоти, необхідної для добування таким чином 100 г металічної міді.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/8

1. За наведеним термохімічним рівнянням добування амоніаку  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} = 2NH_{3(g)}$ ,  $\Delta H = -92$  кДж. обчисліть: а) кількість теплоти, що виділяється під час утворення 5 моль аміаку; б) об'єм водню (н.у.), що прореагував, якщо під час реакції виділилось 607,2 кДж теплоти.
2. Напишіть термохімічне рівняння розкладання гідроген пероксиду:  $H_2O_{2(g)} = H_{2(g)} + O_{2(g)}$ , коли відомо, що під час розкладання 20,4 г  $H_2O_2$  виділилось 30,42 кДж.

3. Дано термохімічне рівняння горіння вуглецю:  $C(г) + O_2(г) = CO_2(г)$ ;  $\Delta H = -394$  кДж. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н.у.), що утворився під час реакції, якщо виділилося 985 кДж теплоти.
4. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться при горінні сірки масою 64 г, якщо тепловий ефект реакції становить 310 кДж.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

*Варіативна складова*

*Творчі завдання*

1. Суміш (2,72 г) двох нерозчинних солей кальцію обробили концентрованою  $H_2SO_4$  і одержали 5,16 г білих кристалів А та бінарний газ Б (густина 4,643 г/л н.у.)
  - а Визначте формулу Б, якщо у нього тетраедрична молекула, а центральний атом – елемент другий за поширеністю у земній кулі.
  - б Розшифруйте А, якщо при прожарюванні ( $300^\circ C$ ) втрачається 20,93 % маси.
  - в Напишіть рівняння реакції.
  - г Визначте маси солей у вихідній суміші.
2. Юний хімік знайшов у кабінеті хімії старий зошит. В ньому він прочитав: " 1) при сильному нагріванні біла магnezія перетворюється на палену магnezію, при чому її маса майже у 2 рази менше взятої білої магnezії; 2) при обробці білої магnezії  $H_2SO_4$  відбувається сильне закипання і утворюється "епсомська сіль"; 3) палена магnezія з  $H_2SO_4$  дає ту ж саму сіль, але без закипання; 4) якщо на епсомську сіль подіяти поташем, то випадає осад (який?), а з розчину випаровуванням можна виділити купоросний камінь; 5) при дії  $H_2SO_4$  на поташ відбувається закипання і утворюється купоросний камінь; 6)  $KOH$  з  $H_2SO_4$  також дає купоросний камінь, але без закипання". Юний хімік розшифрував ці перетворення. Напишіть і Ви ці рівняння відповідних реакцій, назвіть всі згадані у задачі речовини та вкажіть, до яких класів вони належать.
3. Червоний фторид  $MeF_{a+1}$  при дії надлишку  $H_2O$  утворює бурий осад  $MeO_a$  (0,522 г) та розчинний фторид  $MeF_a$  (0,558 г).
  1. Розшифруйте метал Me.
  2. Напишіть рівняння реакції  $MeF_{a+1}$  з водою, вкажіть до якого типу вона відноситься.
  3. Наведіть приклади реакцій, в яких  $MeO_a$  є окисником або відновником.
4. У 1776 році Прістлі добув гах X за такою методикою: спочатку білі кристали речовини А сушать при  $105^\circ C$ , потім змішують з однаковою кількістю піску й нагрівають до  $200-225^\circ C$ , але не вище  $280^\circ C$ . Після цього отримують газ X густиною 1,97 г/л. Газ X використовують в анестезії і як слабкий інгаляційний агент при лікуванні зубів, тощо.
  1. Визначте газ X.
  2. Розшифруйте методику добування X. Наведіть рівняння реакцій.
  3. Яка тривіальна назва А. Де використовується ця речовина?
  4. Чому суміш А з піском не можна нагрівати вище  $280^\circ C$ ?
5. До розчину  $ZnCl_2$  (500г; 5,44 мас.%) додали 300 мл розчину  $NaOH$ , гетерогенну суміш у склянці перемішали і відокремили осад, при прожарюванні якого утворилася бінарна сполука (8,1 г).
  1. Напишіть рівняння реакцій  $ZnCl_2$  з  $NaOH$  у йонній формі.
  2. Визначте можливу молярну концентрацію лугу.
  3. Розрахуйте об'єм 0,1 моль/л розчину  $HCl$  потрібний для переводу вмісту маточного розчину у  $ZnCl_2$ .
6. Після термічного розкладу карбонату Феруму (II) в атмосфері азоту, що містив домішки повітря, добуто речовину чорного кольору. За результатами її хімічного аналізу виведено формулу речовини –  $Fe_{0,95}O$ .
  1. Поясніть результати досліду. Як, на Вашу думку, розкладатиметься карбонат Феруму (II) при нагріванні на повітрі? Напишіть відповідні рівняння.
  2. Розрахуйте мольні (атомні) частки Феруму у кожному із ступенів окиснення в речовині  $Fe_{0,95}O$ .
  3. Обчисліть маси солей, що утворяться при реакції 1 г цієї речовини з хлоридною кислотою, що взята в надлишку.

## Рекомендована література

### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

## Тема 9. Задачі на хімічну кінетику

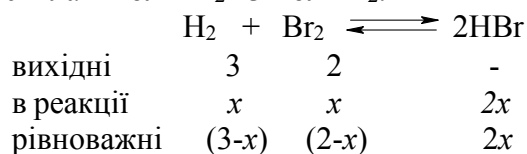
**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на хімічну кінетику, які передбачені шкільною програмою, так і задачі хімічних олімпіад.

### Семінарська частина

1. Обчислення константи рівноваги хімічної реакції.
2. Задачі на визначення вихідних концентрацій реагуючих речовин.
3. Задачі на визначення рівноважних концентрацій реагуючих речовин.
4. Задачі на визначення швидкості хімічної реакції.
5. Задачі на основі принципу Ле-Шател'є.
6. Ускладнені задачі.

### Зразки розв'язків задач

**Задача 1.** Для реакції  $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Br}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{г})$  константа рівноваги при деякій температурі дорівнює одиниці. Визначити склад рівноважної реакційної суміші (в % за об'ємом), якщо вихідна суміш містила 2 моль  $\text{Br}_2$  і 3 моль  $\text{H}_2$ .



$$K_p = \frac{C^2(\text{HBr})}{C(\text{H}_2)C(\text{Br}_2)}; \quad 1 = \frac{4x^2}{(3-x)(2-x)}; \quad 4x^2 = 6 - 3x - 2x + x^2;$$

$$3x^2 + 5x - 6 = 0$$

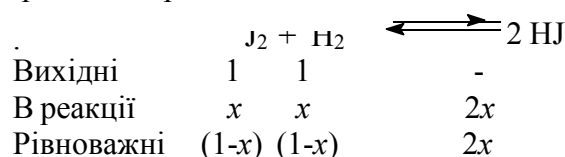
$$x = \frac{-5 \pm \sqrt{25 + 4 \cdot 3 \cdot 6}}{2 \cdot 3}; \quad x = \frac{-5 \pm 9,85}{6};$$

Можливе одне значення:  $x = 0,8$

Рівноважна суміш:  $C(\text{H}_2) = 2,2$ ;  $C(\text{Br}_2) = 1,2$ ;  $C(\text{HBr}) = 1,6$

$$\varphi(\text{H}) = \frac{2,2}{1,2 + 2,2 + 1,6} = 0,44; \quad \varphi(\text{Br}) = \frac{1,2}{1,2 + 2,2 + 1,6} = 0,24; \quad \varphi(\text{HBr}) = \frac{1,6}{1,2 + 2,2 + 1,6} = 0,32$$

1. Чому рівна масова частка йоду і водню, що перетворюються в гідроген йодид, якщо вони взяті в реакцію кількістю речовини один моль кожен, а константа рівноваги при температурі досліду рівна чотирьом.



$$K_p = \frac{[H_2O]^2}{[H_2][D_2O]}; \quad 4 = \frac{4x^2}{(1-x)(1-x)}$$

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

$$4x^2 = 4 - 8x + 4x^2$$

$$8x = 4$$

$$x = 0,5$$

$$W(H_2O) = 50\%; \quad W(D_2O) = 50\%$$

5. Константа рівноваги реакції  $H_2O + D_2O \rightleftharpoons 2HDO$  дорівнює 3,3 при 25°C. Масові частки H і D в природному водні складають відповідно 99,985% і 0,015%. Обчисліть масові частки  $H_2O$ ,  $D_2O$  і  $HDO$  у природній воді.

Розв'язок:

Прийmemo:  $m(\text{водню}) = 100 \text{ г}$ ,

тоді  $m(H) = 99,985 \text{ г}$ ;  $n(H) = 99,985 \text{ моль}$ ;  $n(H_2O) = \frac{1}{2} n(H) = 49,9925 \text{ моль}$

$m(D) = 0,015 \text{ г}$ ;  $n(D) = 0,0075 \text{ моль}$ ;  $n(D_2O) = 0,00375 \text{ моль}$

	$H_2O$	+	$D_2O$	$\rightleftharpoons$	$2HDO$
вихідні	49,9925		0,00375		
в реакції	x		x		2x
рівноважні	49,9925 - x		0,00375 - x		2x

$$K_c = \frac{C^2(HDO)}{C(H_2O) \cdot C(D_2O)}$$

$$3,3 = \frac{4x^2}{(49,9925 - x)(0,00375 - x)}$$

$$4x^2 = 3,3(0,187471875 - 49,99625x + x^2)$$

$$0,7x^2 + 164,987625x - 0,6186571875 = 0$$

$$x = \frac{-164,987625 \pm \sqrt{164,987625^2 - 4 \cdot 0,7 \cdot (-0,6186571875)}}{2 \cdot 0,7} = \frac{-164,987625 \pm 164,992874522}{1,4}$$

$$x = 0,00374965857$$

$$m(H_2O) = 899,7975$$

$$m(D_2O) = 6,8 \cdot 10^{-6}$$

$$m(HDO) = 0,142487$$

$$W(H_2O) = 99,98\%$$

$$m(D_2O) = 7,6 \cdot 10^{-7}$$

$$W(D_2O) = 7,6 \cdot 10^{-7}\%$$

$$W(HDO) = 0,016\%$$

### Групова робота

- Рівновага реакції  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  установилась при таких концентраціях речовин (моль/л):  $C(N_2) = 0,01$ ;  $C(H_2) = 2,0$ ;  $C(NH_3) = 0,4$ . Обчисліть константу рівноваги та вихідні концентрації азоту і водню.
- Обчисліть рівноважні концентрації речовин, які беруть участь у реакції  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ , якщо вихідні концентрації речовин становили (моль/л):  $C(CO) = 0,1$ ;  $C(H_2O) = 0,4$  моль/л, а константа рівноваги реакції при даній температурі дорівнює 1.
- У системі  $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$  рівноважні концентрації речовин  $C(Cl_2)_p = 0,3$  моль/л,  $C(CO)_p = 0,2$  моль/л і  $C(COCl_2)_p = 1,2$  моль/л. Обчислити константу рівноваги і початкові концентрації  $Cl_2$  і  $CO$ .
- Реакція між речовинами A і B описується рівняннями  $A + 2B \rightarrow C$ . Початкові (вихідні) концентрації становлять:  $C(A) = 0,3$  моль/л;  $C(B) = 0,5$  моль/л. Константа швидкості реакції

- дорівнює 0,4. Обчислити початкову швидкість реакції і швидкість на момент, коли концентрація речовини А зменшиться на 0,1 моль/л.
5. Реакція відбувається за рівнянням  $N_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2NO_{(r)}$ . Концентрації вихідних речовин:  $C(N_2) = 0,049$  моль/л;  $C(O_2) = 0,01$  моль/л. Обчислити концентрації цих речовин на момент, коли  $C(NO) = 0,005$  моль/л.
  6. Реакція відбувається за рівнянням  $N_{2(r)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$ . Концентрації речовин, які беруть участь в реакції, склали:  $C(N_2) = 0,80$  моль/л;  $C(H_2) = 1,5$  моль/л;  $C(NH_3) = 0,10$  моль/л. Обчислити концентрації водню і аміаку, коли  $C(N_2) = 0,5$  моль/л.
  7. Реакція перебігає за рівнянням  $H_{2(r)} + I_{2(r)} \rightleftharpoons 2HI_{(r)}$ . Константа швидкості цієї реакції за певної температури дорівнює 0,16. Початкові концентрації реагуючих речовин:  $C(H_2) = 0,04$  моль/л;  $C(I_2) = 0,05$  моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли  $C(H_2) = 0,03$  моль/л.
  8. Константа швидкості реакції розкладу  $N_2O$ , яка перебігає за рівнянням  $2N_2O_{(r)} \rightleftharpoons 2N_{2(r)} + O_{2(r)}$ , дорівнює  $5 \cdot 10^{-4}$ . Початкова концентрація  $C(N_2O) = 6$  моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли розкладеться 50%  $N_2O$ .
  9. Синтез фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  провели у посудині об'ємом 10 л при 600 К. Рівноважна суміш газів містить 56 г CO, 71 г  $Cl_2$  і 198 г  $COCl_2$ . Визначте вихідні концентрації (моль/л) CO і  $Cl_2$ . Обчисліть константу рівноваги  $K_c$ . Визначте вихід  $COCl_2$  в об'ємних процентах.
  10. У гомогенній системі  $A + 2B \rightleftharpoons C$  рівноважні концентрації реагуючих газів складають:  $C(A) = 0,06$  моль/л;  $C(B) = 0,12$  моль/л. Обчислити константу рівноваги системи і початкові концентрації речовин А і В.
  11. У гомогенній газовій системі  $A + B \rightleftharpoons C + D$  рівновага настає за концентрацій:  $C(B) = 0,05$  моль/л і  $C(C) = 0,02$  моль/л. Константа рівноваги системи дорівнює 0,04. Обчислити початкові концентрації речовин А і В.
  12. У скільки разів зміниться швидкість реакції  $2A + B \rightleftharpoons A_2B$ , якщо концентрацію речовини А збільшити вдвічі, а концентрацію речовини В зменшити вдвічі?
  13. Обчислити константу рівноваги для гомогенної системи  $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$ , якщо на момент рівноваги концентрації реагуючих речовин склали:  $C(CO) = 0,004$  моль/л;  $C(H_2O) = 0,064$  моль/л;  $C(CO_2) = 0,016$  моль/л,  $C(H_2) = 0,016$  моль/л. Чому дорівнюють початкові концентрації води і CO?
  14. Дві реакції перебігають за 25 °С з однаковою швидкістю. Температурний коефіцієнт швидкості першої реакції дорівнює 2,0, а другої – 2,5. Обчислити відношення швидкостей цих реакцій за 95°С.
  15. Константа рівноваги гомогенної системи:  $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$ , за певної температури дорівнює 1,0. Обчислити концентрації усіх реагуючих речовин на момент рівноваги, якщо початкові концентрації становили:  $C(CO) = 0,1$  моль/л;  $C(H_2O) = 0,4$  моль/л.
  16. У замкнутій посудині відбувається реакція:  $AB_{(r)} \rightleftharpoons A_{(r)} + B_{(r)}$ . Константа рівноваги реакції дорівнює 0,4, а рівноважна концентрація речовини В складає 0,9 моль/л. Знайти початкову концентрацію речовини АВ. Скільки відсотків речовини АВ розклалося?
  16. У скільки разів зміниться швидкість прямої та зворотної реакції в системі  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ , якщо об'єм газової суміші зменшиться в три рази? В який бік зміститься рівновага системи? Докажіть математично.
  17. Константа рівноваги гомогенної системи  $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$  при 850°С дорівнює 1. Обчислити концентрації усіх речовин при рівновазі, якщо вихідні концентрації:  $C(CO)_{\text{вихід}} = 3$  моль/л;  $C(H_2O)_{\text{вихід}} = 2$  моль/л.
  18. Окислення сірки та її діоксиду відбувається за рівнянням: а)  $S(k) + O_2 = SO_2(k)$  б)  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3(g)$ ; Як зміниться швидкість цих реакцій, якщо об'єми кожної з систем зменшити у чотири рази? Докажіть математично.
  19. Реакція іде за рівнянням  $N_2 + O_2 = 2NO$ . Концентрації вихідних речовин до початку реакції були  $C(N_2) = 0,049$  моль/л;  $C(O_2) = 0,01$  моль/л. Обчислити концентрацію цих речовин у момент, коли  $C(NO) = 0,005$  моль/л.

20. Реакція іде за рівнянням  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$  Концентрації речовин, які у ній беруть участь, були  $C(N_2)=0,80$  моль/л;  $C(NH_3)=0,10$  моль/л;  $C(H_2)=1,5$  моль/л. Обчислити концентрацію водню та амоніаку, коли  $C(N_2)=0,5$  моль/л.
21. Реакція іде за рівнянням  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$  Константа швидкості цієї реакції при деякій температурі дорівнює 0,16. Вихідні концентрації реагуючих речовин  $C(H_2)=0,04$  моль/л;  $C(I_2)=0,05$  моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли  $C(H_2)=0,3$  моль/л.
22. В гомогенній системі  $A + 2B \rightleftharpoons C$  рівноважні концентрації реагуючих газів:  $C(A)=0,06$  моль/л;  $C(B)=0,12$  моль/л;  $C(C)=0,216$  моль/л. Обчислити константу рівноваги системи та вихідні концентрації речовин А і В.
23. В гомогенній газовій системі  $A + B \rightleftharpoons C + D$  рівновага встановилася при концентраціях  $C(B)=0,05$  моль/л,  $C(C)=0,02$  моль/л. Константа рівноваги системи дорівнює 0,04. Обчислити вихідні концентрації речовин А і В.
24. Рівновага гомогенної системи  $4HCl(g) + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O(g) + 2Cl_2(g)$  встановилася при таких концентраціях реагуючих речовин  $C(H_2O) = 0,14$  моль/л;  $C(Cl_2) = 0,14$  моль/л;  $C(O_2) = 0,32$  моль/л;  $C(HCl) = 0,20$  моль/л. Обчислити вихідні концентрації хлороводню і кисню.
25. Обчислити константу рівноваги для гомогенної системи  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$  якщо рівноважні концентрації реагуючих речовин:  $C(CO) = 0,004$  моль/л;  $C(H_2O) = 0,064$  моль/л;  $C(CO_2) = 0,016$  моль/л;  $C(H_2) = 0,016$  моль/л. Чому дорівнюють вихідні концентрації води і  $CO$ ?
26. Константа рівноваги гомогенної системи  $CO(g) + H_2O(g) = CO_2 + H_2(g)$  при деякій температурі дорівнює 1. Обчислити рівноважні концентрації усіх реагуючих речовин, якщо вихідні концентрації  $C(CO) = 1,0$  моль/л;  $C(H_2O) = 4,0$  моль/л.
27. Константа рівноваги гомогенної системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  при деякій температурі дорівнює 0,1. Рівноважні концентрації водню та аміаку дорівнюють відповідно 0,2 та 0,08 моль/л. Обчислити рівноважну та вихідну концентрацію азоту.
28. При деякій температурі рівновага гомогенної системи  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$  встановилася при таких концентраціях реагуючих речовин:  $C(NO) = 0,2$  моль/л;  $C(NO_2) = 0,1$  моль/л;  $C(O_2) = 0,1$  моль/л. Обчислити константу рівноваги та вихідні концентрації  $NO$  і  $O_2$
29. Чому при зміні тиску зміщується рівновага системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  і не зміщується рівновага системи  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ ? Відповідь мотивуйте на основі розрахунку швидкості прямої та зворотної реакції в цих системах до та після зміни тиску. Напишіть вираз для констант рівноваги кожної з даних систем.
30. Вихідні концентрації  $C(NO)$  і  $C(Cl_2)$  в гомогенній системі  $2NO + Cl_2 \rightleftharpoons 2NOCl$  складають відповідно 0,5 і 0,2 моль/л. Обчислити константу рівноваги, якщо до моменту наступу рівноваги прореагувало 20%  $NO$ .
31. Дві реакції протікають при  $25^\circ C$  з однаковою швидкістю. Температурний коефіцієнт швидкості першої реакції дорівнює 2, а другої – 2,5. Знайдіть відношення швидкостей цих реакцій при  $95^\circ C$ .
32. При  $150^\circ C$  деяка реакція закінчується за 16 хвилин. Приймаючи температурний коефіцієнт швидкості реакції рівним 2,5, розрахуйте через який час закінчиться ця реакція, якщо проводити її: а) при  $200^\circ C$  ; б) при  $80^\circ C$ .
33. Реакція  $3NaBrO = NaBrO_3 + 2NaBr$  описується кінетичним рівнянням другого порядку з константою швидкості, яка дорівнює  $9,3 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3/\text{моль} \cdot \text{с}$ . Вихідна концентрація  $NaBrO$  складає 0,1 моль/л. За який час прореагує 30% вихідної кількості  $NaBrO$ ?
34. Константа швидкості реакції  $CH_3COOC_2H_5 + NaOH = CH_3COONa + C_2H_5OH$  дорівнює  $5,4 \text{ хв}^{-1} (\text{моль/л})^{-1}$ . Скільки відсотків ефіру прореагує за 10 хвилин, якщо початкові концентрації луку і ефіру однакові і дорівнюють 0,02 моль/л.
35. При  $375 \text{ K}$  константа рівноваги реакції  $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$  становить  $K_c = 9,27 \text{ л/моль}$ . Визначте концентрацію  $SO_2Cl_2$  в умовах рівноваги, якщо вихідні концентрації реагентів дорівнюють:  $C(SO_2) = 1,5$  моль/л,  $C(Cl_2) = 1$  моль/л.

*Лабораторна частина*  
**Експериментальні задачі**

**1. Умова:** З'ясуйте залежність швидкості реакції від концентрації. Дослідивши реакцію між тіосульфатом натрію і сірчаною кислотою, яка описується рівнянням :  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ . В ході експерименту необхідно виміряти проміжок часу між двома моментами: моментом початку реакції і моментом, коли стає видимою опалесценція. Цей проміжок приймається за час реакції ( $\tau$ ). Величина, обернена часу реакції ( $1/\tau$ ) є пропорційною швидкості реакції ( $v$ ); одиниця її виміру –  $\text{с}^{-1}$ . Надалі скорочено цю величину можна називати швидкістю реакції.

Зробіть висновок про вплив концентрації речовин на швидкість хімічної реакції.

Дослід виконується за різних концентрацій тіосульфату натрію, тоді як концентрація сірчаної кислоти береться однаковою для усіх вимірів в цій серії.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, бюретки, шпатель, скляна паличка, хімічна склянка на 500 мл, секундомір; розчини  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , дистильована вода, універсальний індикатор.

*Індивідуальна робота*

#### Варіант 1/9

1. У скільки раз зміниться швидкість прямої і зворотної реакції в системі  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{г})$ , якщо об'єм газової суміші зменшити в 3 рази? В яку сторону зміститься рівновага системи?
2. Хімічна рівновага реакції  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{CO}_2) = 7$ ;  $C(\text{H}_2) = 5$ ;  $C(\text{CO}) = 10$ ;  $C(\text{H}_2\text{O}) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $\text{H}_2\text{O}$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
3. Реакція проходить за рівнянням  $\text{A}_2 + \text{B}_2 = 2\text{AB}$ . Початкова концентрація речовини А дорівнює 0,8 моль/л, а речовини В - 1 моль/л. Через деякий час концентрація речовини А зменшилась до 0,5 моль/л. Якою в цей час була концентрація речовини В?
4. Реакція протікає за рівнянням  $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$ . Вихідна концентрація речовини А дорівнює 0,2 моль/л. Константа рівноваги реакції  $K_C = 0,5$ . Обчисліть рівноважні концентрації реагуючих речовин.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/9

1. Визначити як зміниться швидкість реакції утворення аміаку з азоту та водню, якщо збільшити концентрації вихідних речовин удвічі?
2. Хімічна рівновага реакції  $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{COCl}_2) = 10$ ;  $C(\text{CO}) = 2$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
3. Реакція проходить за рівнянням  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ . Рівноважна концентрація речовини В = 0,5 моль/л, С = 0,2 моль/л. Константа рівноваги реакції 0,04. Визначте вихідні концентрації А і В.
4. Константа рівноваги реакції  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$   $K_C = 0,1$  при 673 К. Рівноважні концентрації (моль/л):  $C(\text{H}_2) = 0,6$  і  $C(\text{NH}_3) = 0,18$ . Обчисліть вихідну і рівноважну концентрацію азоту.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/9

1. Реакція відбувається за рівнянням  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ . Вихідні концентрації реагуючих речовин були (моль/л):  $C(\text{NO}) = 0,8$ ,  $C(\text{O}_2) = 0,6$ . Як зміниться швидкість реакції, якщо концентрацію кисню збільшити до 0,9 моль/л, а концентрацію нітроген(II) оксиду до 1,2 моль/л?
2. Хімічна рівновага реакції  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{CO}_2) = 5$ ;  $C(\text{H}_2) = 8$ ;  $C(\text{CO}) = 12$ ;  $C(\text{H}_2\text{O}) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $\text{H}_2$  до 5 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
3. Константа рівноваги гомогенної системи  $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$  при  $850^\circ\text{C}$  дорівнює 1. Обчисліть концентрації всіх речовин при рівновазі, якщо вихідні концентрації  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2\text{O}$  відповідно становлять 3 моль/л і 2 моль/л.
4. Константа рівноваги гомогенної системи  $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$  при  $850^\circ\text{C}$  дорівнює 1. Обчисліть концентрації всіх речовин при рівновазі, якщо вихідні концентрації  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2\text{O}$  відповідно становлять 3 моль/л і 2 моль/л.



5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/9

1. У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 0,3$ ;  $C(H_2) = 0,9$ ;  $C(NH_3) = 0,4$ . Обчисліть, як зміниться швидкість прямої і зворотної реакції, якщо тиск збільшити в 5 разів? У якому напрямку зміститься рівновага?
2. Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 8$ ;  $C(H_2) = 6$ ;  $C(CO) = 12$ ;  $C(H_2O) = 8$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації CO до 8 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
3. Реакція проходить за рівнянням  $A + B \rightleftharpoons C + D$ . Рівноважна концентрація речовини B = 0,5 моль/л, C = 0,2 моль/л. Константа рівноваги реакції 0,04. Визначте вихідні концентрації A і B.
4. Константа рівноваги реакції  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$   $K_C=0,1$  при 673 К. Рівноважні концентрації (моль/л):  $C(H_2)=0,6$  і  $C(NH_3)=0,18$ . Обчисліть вихідну і рівноважну концентрацію азоту.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/9

1. Як зміниться швидкість реакції  $2Fe + 3Cl_2 \rightleftharpoons 2FeCl_3$ , якщо тиск у системі збільшити в 5 разів?
2. Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 8$ ;  $C(CO) = 4$ ;  $C(Cl_2) = 6$ . У рівноважну систему додали  $COCl_2$  в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
3. Знайдіть концентрації вихідних речовин у реакції  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ , якщо рівноважні концентрації HI – 0,25 моль/л,  $I_2$  – 0,05 моль/л,  $H_2$  – 0,15 моль/л.
4. Суміш оксиду вуглецю (II) і водяної пари, що містить 50% CO і 50%  $H_2O$  (проценти за об'ємом), пропустили при 1400 К над залізним каталізатором. Константа рівноваги реакції  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$  дорівнює 0,5. Обчислити вихід продуктів і процентний (за об'ємом) склад рівноважної газової суміші.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/9

1. У скільки разів зросте швидкість взаємодії водню з бромом у газовій фазі, якщо концентрації вихідних речовин збільшити у 3 рази?
2. Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 12$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(Cl_2) = 10$ . У рівноважну систему додали CO в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
3. Знайдіть концентрації вихідних речовин у реакції  $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$ , якщо рівноважні концентрації CO – 4 моль/л, C – 2 моль/л,  $H_2O$  – 1 моль/л.
4. Реакція проходить за рівнянням  $A + B \rightleftharpoons C + D$ . Рівноважна концентрація речовини B = 0,5 моль/л, C = 0,2 моль/л. Константа рівноваги реакції 0,04. Визначте вихідні концентрації A і B.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/9

1. Реакція відбувається за рівнянням  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ . Вихідні концентрації реагуючих речовин були (моль/л):  $C(NO)=0,8$ ,  $C(O_2)=0,6$ . Як зміниться швидкість реакції, якщо концентрацію кисню збільшити до 0,9 моль/л, а концентрацію нітроген(II) оксиду до 1,2 моль/л?
2. Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 9$ ;  $C(H_2) = 4$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 6$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $CO_2$  до 7 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
3. Реакція проходить за рівнянням  $A_2+B_2 \rightleftharpoons 2AB$ . Початкова концентрація речовини A дорівнює 0,8 моль/л, а речовини B - 1 моль/л. Через деякий час концентрація речовини A зменшилась до 0,5 моль/л. Якою в цей час була концентрація речовини B?

- Константа рівноваги гомогенної системи  $\text{CO}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)} \rightleftharpoons \text{O}_{2(r)} + \text{H}_{2(r)}$  при  $850^\circ\text{C}$  дорівнює 1. Обчисліть концентрації всіх речовин при рівновазі, якщо вихідні концентрації  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2\text{O}$  відповідно становлять 3 моль/л і 2 моль/л.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/9

- У скільки разів слід збільшити концентрацію водню в реакції утворення аміаку (амоніаку  $\text{NH}_3$ ) з простих речовин, щоб її швидкість зросла в 125 разів?
- Хімічна рівновага реакції  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{CO}_2) = 12$ ;  $C(\text{H}_2) = 8$ ;  $C(\text{CO}) = 12$ ;  $C(\text{H}_2\text{O}) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $\text{H}_2$  до 6 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- При синтезі фосгену  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{Cl}_2) = 2,5$ ;  $C(\text{CO}) = 1,8$ ;  $C(\text{COCl}_2) = 3,2$ . Визначте вихідні концентрації карбон(II) оксиду та хлору.
- Константа рівноваги реакції  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$   $K_c = 0,1$  при  $673\text{ K}$ . Рівноважні концентрації (моль/л):  $C(\text{H}_2) = 0,6$  і  $C(\text{NH}_3) = 0,18$ . Обчисліть вихідну і рівноважну концентрацію азоту.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/9

- Як зміниться швидкість реакції, що проходить за рівнянням  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ , якщо тиск збільшити в 4 рази?
- Хімічна рівновага реакції  $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{COCl}_2) = 13$ ;  $C(\text{CO}) = 6$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Вихідні концентрації карбон(II) оксиду та парів води відповідно рівні 0,08 моль/л. Обчисліть рівноважні концентрації  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$  у системі  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ , якщо рівноважна концентрація  $\text{CO}$  становить 0,05 моль/л.
- Рівновага в системі  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$  при деякій температурі встановилась при концентраціях  $\text{NO}_2$  – 2,06 моль/л,  $\text{NO}$  – 2,24 моль/л,  $\text{O}_2$  – 2,12 моль/л. Визначити константу рівноваги і обчисліть вихідну концентрацію  $\text{NO}_2$ .
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/9

- Визначити як зміниться швидкість реакції утворення аміаку з азоту та водню, якщо збільшити концентрації вихідних речовин удвічі?
- Хімічна рівновага реакції  $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{COCl}_2) = 6$ ;  $C(\text{CO}) = 12$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 10$ . З рівноважної системи вивели хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Вихідні концентрації кожної з речовин у суміші складають 1 моль/л:  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ . Після встановлення рівноваги концентрація речовини  $\text{D}$  становила 1,5 моль/л. Визначити константу рівноваги.
- Реакція проходить за рівнянням  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ . Рівноважна концентрація речовини  $\text{B} = 0,5$  моль/л,  $\text{C} = 0,2$  моль/л. Константа рівноваги реакції 0,04. Визначте вихідні концентрації  $\text{A}$  і  $\text{B}$ .
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

- Проста речовина 1 утворює з магнієм сполуку 2, гідроліз якої приводить до утворення газу 3 і речовини 4. Газ 3 за певних умов реагує з газом 5, утворюючи газ 6 і воду. Газ 6 з надлишком газу 5 утворює газ 7, розчинення якого у воді супроводжується виділенням газу 6 і розчину речовини 8. Речовини 8 і 4 утворюють сіль 9, що під час прожарювання дає речовину 10 та газу 5 і 7. Що таке речовини 1-10? Напишіть рівняння згаданих реакцій.



**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на хімічну кінетику з використанням константи рівноваги.

*Семінарська частина*

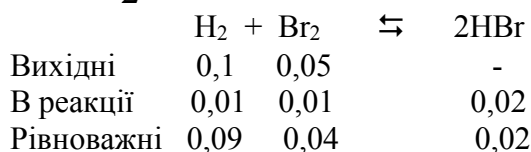
1. Обчислення константи рівноваги хімічної реакції.
2. Задачі на визначення вихідних концентрацій реагуючих речовин, якщо відомі деякі рівноважні концентрації і константа рівноваги.
3. Задачі на визначення рівноважних концентрацій реагуючих речовин, якщо відомі деякі вихідні концентрації і константа рівноваги..
4. Задачі на зміщення хімічної рівноваги.
5. Ускладнені задачі.

*Зразки розв'язку задач*

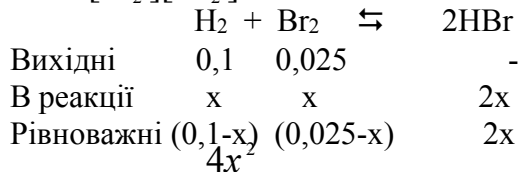
**Задача 1.** У посудині об'ємом 10 л при 400°C змішали 2 г водню і 80 г бромю. Знайшли, що в стані рівноваги 20% бромю перетворюється в бромоводень. Скільки бромоводню буде міститися в рівноважній суміші, якщо зменшити вихідну кількість бромю в 2 рази?

**Розв'язок**

$$C(H_2) = \frac{2}{10} = 0,2; \quad C(Br_2) = \frac{80}{160} = 0,5$$



$$K_p = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{0,4^2}{0,0 \cdot 0,3} = 0,111$$



$$K_p = \frac{4x^2}{(0,2-x)(0,25-x)} = 0,111$$

$$4x^2 = 0,0002775 - 0,0111x - 0,002775x + 0,111x^2$$

$$3,889x^2 + 0,013875x - 0,0002775 = 0$$

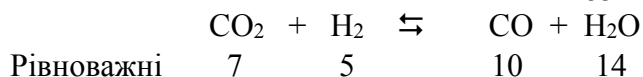
$$x = \frac{-0,013875 \pm \sqrt{0,000192515}}{2 \cdot 3,889} = \frac{-0,013875 \pm 0,006715}{7,778}$$

$$x = 0,00685$$

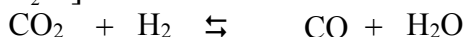
$$[HBr] = 2 \cdot 0,00685 = 0,0137$$

**Задача 2.** Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 7$ ;  $C(H_2) = 5$ ;  $C(CO) = 10$ ;  $C(H_2O) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2O$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?

**Розв'язок**



$$K_p = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} = \frac{14 \cdot 10}{7 \cdot 5} = 4$$



Рівноважні  $7-x$   $5-x$   $10+x$   $11+x$

$$K_p = \frac{(10 - x)(11 - x)}{4(7 - x)(5 - x)}$$

$$110 + 10x + 11x + x^2 = 140 - 28x - 20x + 4x^2$$

$$3x^2 - 69x + 30 = 0$$

$$x^2 - 23x + 10 = 0$$

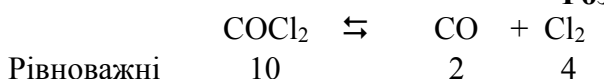
$$x = \frac{23 \pm \sqrt{529 - 40}}{2} = \frac{23 \pm 22,1133}{2}$$

$$x = 0,44$$

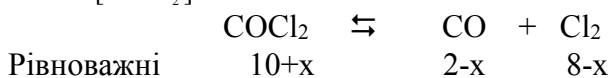
$$[CO_2] = 6,56; [H_2] = 4,56; [CO] = 10,44; [H_2O] = 11,44$$

**Задача 3.** Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 10$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.

#### Розв'язок



$$K_p = \frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]} = \frac{2 \cdot 4}{10} = 0,8$$



$$K_p = \frac{(2 - x)(8 - x)}{0,8(10 + x)}$$

$$16 - 2x - 8x + x^2 = 8 + 0,8x$$

$$x^2 - 10,8x + 8 = 0$$

$$x = \frac{10,8 \pm \sqrt{166,64 - 32}}{2} = \frac{10,8 \pm 9,2}{2}$$

$$x = 0,8$$

#### Групова робота

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 4$ ;  $C(H_2) = 6$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 12$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2$  до 4 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 8$ ;  $C(CO) = 4$ ;  $C(Cl_2) = 10$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 6$ ;  $C(CO) = 4$ ;  $C(COCl_2) = 8$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 4$ ;  $C(H_2) = 8$ ;  $C(NH_3) = 6$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 4$ ;  $C(H_2) = 6$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2O$  до 8 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 8$ . У рівноважну систему додали хлор в

кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.

7. При синтезі фосгену  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{Cl}_2) = 2,5$ ;  $C(\text{CO}) = 1,8$ ;  $C(\text{COCl}_2) = 1,2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 1,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
8. У стані рівноваги системи  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(\text{N}_2) = 2,3$ ;  $C(\text{H}_2) = 2,9$ ;  $C(\text{NH}_3) = 2,4$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 0,6 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.

*Лабораторна частина*  
**Експериментальні задачі**

**Умова:** У пробірку внесіть по 3-5 крапель розчинів  $\text{FeCl}_3$  та  $\text{KNCS}$ . Одержаний розчин розведіть водою до світло-червоного кольору і розлийте у чотири пробірки. У першу пробірку додайте краплю розчину  $\text{FeCl}_3$  у другу - краплю розчину  $\text{KNCS}$ , у третю внесіть трохи кристалічного  $\text{KCl}$ . Порівняйте інтенсивність забарвлення розчинів у цих пробірках з кольором вихідного розчину (еталон – четверта пробірка). Зробіть висновок про вплив зміни концентрацій вихідних речовин та продуктів реакції на стан хімічної рівноваги в системі:  $\text{FeCl}_3 + 3\text{KNCS} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{NCS})_3 + 3\text{KCl}$

**Обладнання та реактиви:** пробірки, скляна паличка, розчини  $\text{FeCl}_3$  та  $\text{KNCS}$ , кристалічний калій хлорид, дистильована вода, універсальний індикатор.

*Індивідуальна робота*

**Варіант 1/10**

1. Хімічна рівновага реакції  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{CO}_2) = 7$ ;  $C(\text{H}_2) = 5$ ;  $C(\text{CO}) = 10$ ;  $C(\text{H}_2\text{O}) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $\text{H}_2\text{O}$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
2. Хімічна рівновага реакції  $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{COCl}_2) = 10$ ;  $C(\text{CO}) = 2$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
3. При синтезі фосгену  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{Cl}_2) = 2,5$ ;  $C(\text{CO}) = 1,8$ ;  $C(\text{COCl}_2) = 3,2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
4. У стані рівноваги системи  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(\text{N}_2) = 0,3$ ;  $C(\text{H}_2) = 0,9$ ;  $C(\text{NH}_3) = 0,4$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 0,1 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

**Варіант 2/10**

1. Хімічна рівновага реакції  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{CO}_2) = 5$ ;  $C(\text{H}_2) = 3$ ;  $C(\text{CO}) = 8$ ;  $C(\text{H}_2\text{O}) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $\text{CO}_2$  до 3 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
2. Хімічна рівновага реакції  $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{COCl}_2) = 5$ ;  $C(\text{CO}) = 2$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 4$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації хлору до 3 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
3. При синтезі фосгену  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(\text{Cl}_2) = 5$ ;  $C(\text{CO}) = 2$ ;  $C(\text{COCl}_2) = 4$ . У рівноважну систему додали  $\text{COCl}_2$  в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.

- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 3$ ;  $C(H_2) = 9$ ;  $C(NH_3) = 6$ . У рівноважну систему додали водень у кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 7$ ;  $C(H_2) = 5$ ;  $C(CO) = 10$ ;  $C(H_2O) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2O$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 10$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 2,5$ ;  $C(CO) = 1,8$ ;  $C(COCl_2) = 3,2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 0,3$ ;  $C(H_2) = 0,9$ ;  $C(NH_3) = 0,4$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 0,1 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 5$ ;  $C(H_2) = 3$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $CO_2$  до 3 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації хлору до 3 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(COCl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали  $COCl_2$  в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 3$ ;  $C(H_2) = 9$ ;  $C(NH_3) = 6$ . У рівноважну систему додали водень у кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 7$ ;  $C(H_2) = 5$ ;  $C(CO) = 10$ ;  $C(H_2O) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2O$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 10$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 2,5$ ;  $C(CO) = 1,8$ ;  $C(COCl_2) = 3,2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.



- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 0,3$ ;  $C(H_2) = 0,9$ ;  $C(NH_3) = 0,4$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 0,1 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 5$ ;  $C(H_2) = 3$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $CO_2$  до 3 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації хлору до 3 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(COCl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали  $COCl_2$  в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 3$ ;  $C(H_2) = 9$ ;  $C(NH_3) = 6$ . У рівноважну систему додали водень у кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 7$ ;  $C(H_2) = 5$ ;  $C(CO) = 10$ ;  $C(H_2O) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2O$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 10$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 2,5$ ;  $C(CO) = 1,8$ ;  $C(COCl_2) = 3,2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 0,3$ ;  $C(H_2) = 0,9$ ;  $C(NH_3) = 0,4$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 0,1 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 5$ ;  $C(H_2) = 3$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $CO_2$  до 3 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації хлору до 3 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(COCl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали  $COCl_2$  в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.

- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 3$ ;  $C(H_2) = 9$ ;  $C(NH_3) = 6$ . У рівноважну систему додали водень у кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 7$ ;  $C(H_2) = 5$ ;  $C(CO) = 10$ ;  $C(H_2O) = 14$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $H_2O$  до 11 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 10$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 4 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 2,5$ ;  $C(CO) = 1,8$ ;  $C(COCl_2) = 3,2$ . У рівноважну систему додали хлор в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 0,3$ ;  $C(H_2) = 0,9$ ;  $C(NH_3) = 0,4$ . У рівноважну систему додали амоніак у кількості 0,1 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/10

- Хімічна рівновага реакції  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$  установилась при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(CO_2) = 5$ ;  $C(H_2) = 3$ ;  $C(CO) = 8$ ;  $C(H_2O) = 10$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації  $CO_2$  до 3 моль/л. Обчисліть, якими стали нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги?
- Хімічна рівновага реакції  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$  установилась при концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(COCl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(Cl_2) = 4$ . Рівновага системи була порушена через зменшення концентрації хлору до 3 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- При синтезі фосгену  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  рівновага встановлюється при таких концентраціях реагуючих речовин (моль/л):  $C(Cl_2) = 5$ ;  $C(CO) = 2$ ;  $C(COCl_2) = 4$ . У рівноважну систему додали  $COCl_2$  в кількості 0,5 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- У стані рівноваги системи  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  концентрації реагуючих речовин були:  $C(N_2) = 3$ ;  $C(H_2) = 9$ ;  $C(NH_3) = 6$ . У рівноважну систему додали водень у кількості 2 моль/л. Визначте нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після зміщення рівноваги.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

- Атомні маси Гідрогену та Хлору дорівнюють відповідно 1,008 та 35,453. Враховуючи, що Гідроген складається з ізотопів  $^1H$  та  $^2H$ , а Хлор з ізотопів  $^{35}Cl$  та  $^{37}Cl$ , визначте масові та об'ємні частки ізотопних модифікацій у газоподібному гідрогенхлориді.
- Суміш гідридів Літію та Натрію прореагувала з водою об'ємом 193 мл. Маса одержаного розчину виявилася на 1 г менша за суму мас вихідних речовин, а масова частка лугів у розчині склала 8%. Визначте кількості речовин вихідних гідридів.
- Визначте ступені окиснення елементів у речовинах:  
а)  $Ca(OC1)_2$ , б)  $CaOCl_2$ , в)  $K_4P_2O_7$ , г)  $NH_4NO_3$ , д)  $P_4$ , е)  $(N_2H_6)_2Cl_2$ , ж)  $(NO)HSO_4$ , з)  $K[Au(OH)_4]$ . Дайте назви цим речовинам. Як можна одержати із простих речовин б) та г)?
- Суміш двохвалентного металу і його карбонату масою 8,0 г розчинили в надлишку соляної (хлоридної) кислоти. У результаті взаємодії виділилось 1720 мл газу (н.у.), при пропусканні

якого через вапняну воду випало 5,0 г осаду. Визначте метал і склад суміші у відсотках за масою.

5. Дві пластинки однакової маси виготовлені з одного металу. Пластинки занурили у розчини солей двовалентних Купруму та Плюмбуму одного об'єму та однакової молярної концентрації. Через деякий час, після закінчення реакції, пластинки промили, висушили і зважили (виділений метал повністю осідав на пластинках). Маса першої пластинки збільшилась на 0,8%, другої – на 15,1%. З якого металу виготовлено пластинки якщо його валентність у описаних реакціях дорівнює двом?
6. При взаємодії 30 г металу другої групи періодичної системи з азотом утворився нітрид, при взаємодії якого з соляною кислотою одержали хлорид металу та аміак. При каталітичному окисненні цієї кількості аміаку утворився оксид Нітрогену (II) об'ємом 11,2 л (н.у.). Визначте метал та напишіть відповідні рівняння реакцій, вважаючи, що всі вони йдуть з виходом 100%.

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

## Тема 11. Модульний контроль 1

### Змістовий модуль 2. Розв'язування задач за рівняннями хімічних реакцій

#### Тема 12. Розв'язування задач, за умовою яких реагенти містять домішки

**Мета:** сформулювати вміння та навички розв'язування задач за рівняннями хімічних реакцій, у яких реагенти містять домішки; удосконалювати навички розв'язування розрахункових задач.

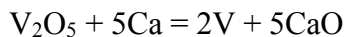
#### Семинарська частина

1. Розрахунки вмісту домішок у складі речовини.
2. Обчислення кількості речовини, маси, об'єму продукту реакції за відомою кількістю речовини, масою, об'ємом реагенту, що містить домішки.

#### Зразки розв'язку задач

**Задача 1.** Ванадій добувають відновленням ванадій(V) оксиду металічним кальцієм. Яку масу металу можна добути при відновленні концентрату масою 400 г, масова частка ванадій(V) оксиду у якому дорівнює 85%?

#### Розв'язок



$$m(\text{V}_2\text{O}_5) = Wm(\text{концентрату})$$

$$m(\text{V}_2\text{O}_5) = 0,85 \cdot 400 = 340 \text{ г}$$

$$v = \frac{m}{M}$$

$$v = \frac{340}{182} = 1,868 \text{ моль}$$

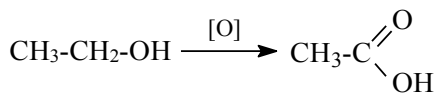
$$n(\text{V}) = 2n(\text{V}_2\text{O}_5) = 1,868 \cdot 2 = 3,736 \text{ моль}$$

$$m = n \cdot M$$

$$m(V) = 3,736 \cdot 51 = 190,55 \text{ г}$$

**Задача 2.** Визначити масу оцтової кислоти, одержаної з спирту, який у свою чергу був добутий бродінням 200 кг технічної глюкози, масова частка нецукристих домішок у якій становить 10%.

**Розв'язок**



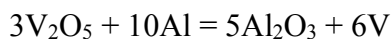
$$\nu(C_6H_{12}O_6) = \frac{200 \cdot 0,9}{180} \cdot 1$$

$$\nu(\text{сп.}) = 2 \text{ моль} = \nu(\text{к-ти})$$

$$m(\text{к-ти}) = 60 \cdot 2 = 120 \text{ кг}$$

**Задача 3.** Обчисліть масу ванадію, який можна добути шляхом алюмотермічного відновлення оксидного концентрату масою 200 г (масова частка  $V_2O_5$  становить 89%). Знайдіть масу технічного алюмінію ( $W(Al) - 92\%$ ), який знадобиться для відновлення.

**Розв'язок**



Обчислимо масу чистого  $V_2O_5$  у концентраті.

$$m(V_2O_5) = W(V_2O_5) \cdot m(\text{концентрату})$$

$$m(V_2O_5) = 0,89 \cdot 200 \text{ г} = 178 \text{ г}$$

Знайдемо кількість речовини  $V_2O_5$ .

$$\nu = \frac{m}{M}; \nu(V_2O_5) = \frac{178 \text{ г}}{182 \text{ г/моль}} = 0,978 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції кількість речовини ванадію буде в 2 рази більша від кількості речовини ванадій оксиду.

$$\nu(V) = 2 \cdot \nu(V_2O_5) = 0,978 \cdot 2 = 1,956 \text{ моль}$$

$$m = \nu \cdot M$$

$$m(V) = 1,956 \text{ моль} \cdot 51 \text{ г/моль} = 99,76 \text{ г}$$

За рівнянням реакції кількість речовини алюмінію становитиме  $\frac{10}{3} \cdot \nu(V_2O_5)$

$$\nu(Al) = \frac{10}{3} \cdot 0,978 \text{ моль} = 6,52 \text{ моль}$$

$$m(Al) = 6,52 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 176,04 \text{ г}$$

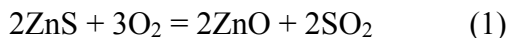
Маса технічного алюмінію становитиме:

$$m(\text{суміші}) = \frac{m(\text{чист. р-ни})}{W(\text{чист. р-ни})}$$

$$m(\text{техн. Al}) = \frac{176,04 \text{ г}}{0,92} = 191,35 \text{ г}$$

**Задача 4.** Цинк добувають випалюванням цинкової обманки (цинк сульфід) з наступним відновленням одержаного оксиду коксом. Яку масу цинку можна одержати з 800 г руди, що містить 63,05% цинк сульфід?

**Розв'язання**



$$m(\text{чист. р-ни}) = m(\text{суміші}) \cdot W$$

$$m(ZnS) = 800 \text{ г} \cdot 0,6305 = 504,4 \text{ г}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{ZnS}) = \frac{504,5\text{г}}{97\text{г/моль}} = 5,2 \text{ моль}$$

Аналізуючи рівняння реакцій (1) і (2), приходимо до висновку, що:

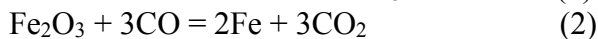
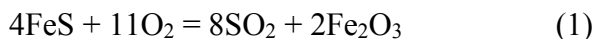
$$\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{ZnS}) = 5,2$$

$$\text{моль} \cdot \text{м} = \nu \cdot \text{M}$$

$$m(\text{Zn}) = 5,2 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 338 \text{ г}$$

**Задача 5.** Залізо добувають випалюванням піриту, що містить 60% ферум(II) сульфід, з наступним відновленням ферум(III) оксиду карбон(II) оксидом. Яку масу металу можна добути з піриту масою 200 кг?

#### Розв'язання



$$m(\text{чист. р-ни}) = m(\text{суміші}) \cdot W$$

$$m(\text{FeS}_2) = 200 \text{ г} \cdot 0,6 = 120 \text{ г}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{FeS}) = \frac{120\text{г}}{120\text{г/моль}} = 1 \text{ моль}$$

Аналізуючи рівняння (1) і (2):

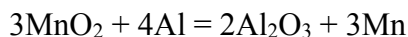
$$\nu(\text{Fe}) = \nu(\text{FeS}) = 1$$

$$\text{моль} \cdot \text{м} = \nu \cdot \text{M}$$

$$m(\text{Fe}) = 1 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 56 \text{ г}$$

**Задача 6.** У результаті алюмотермії був одержаний марганець масою 55 г. Яка маса руди прореагувала, якщо масова частка манган(IV) оксиду в ній становить 90%?

#### Розв'язок



$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{Mn}) = \frac{55\text{г}}{55\text{г/моль}} = 1 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції  $\nu(\text{MnO}_2) = \nu(\text{Mn}) = 1$

$$\text{моль} \cdot \text{м} = \nu \cdot \text{M}$$

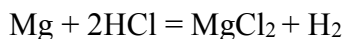
$$m(\text{MnO}_2) = 1 \text{ моль} \cdot 87 \text{ г/моль} = 87 \text{ г}$$

$$m(\text{руди}) = \frac{m(\text{MnO}_2)}{W(\text{MnO}_2)}$$

$$m(\text{руди}) = \frac{87\text{г}}{0,9} = 96,67 \text{ г}$$

**Задача 7.** Визначити масу 10%-ного розчину хлоридної кислоти в якій треба розчинити 12,5 г магнію, який містить 4% домішок, що не розчиняються в хлоридній кислоті.

#### Розв'язок



$$W(\text{Mg}) = 100\% - 4\% = 96\%$$

$$m(\text{чист. р-ни}) = m(\text{суміші}) \cdot W$$

$$m(\text{Mg}) = 12,5 \text{ г} \cdot 0,96 = 12 \text{ г}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{Mg}) = \frac{12\text{г}}{24\text{г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції  $\nu(\text{HCl}) = 2\nu(\text{Mg}) = 1$

моль  $m = \nu \cdot M$

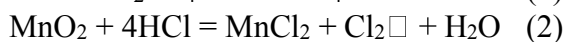
$\nu(\text{HCl}) = 1 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 36,5 \text{ г}$

$$m(\text{р-ну}) = \frac{m(\text{розч. р.} \cdot \nu)}{W}$$

$$m(\text{р-ну}) = \frac{36,5 \text{ г}}{0,1} = 365 \text{ г}$$

**Задача 8.** Хлороводень, добутий із зразка технічного натрій хлориду масою 9,6 г, використали для добування концентрованої хлоридної кислоти. Вся добута кислота вступила в реакцію з манган(IV) оксидом. При цьому утворився газ об'ємом 896 мл (н.у.). Визначити масову часту натрій хлориду у вихідному зразку.

#### Розв'язок



$$\nu = \frac{V}{V_m}$$

$$\nu(\text{Cl}_2) = \frac{0,896 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,04 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (2)  $\nu(\text{HCl}) = 4\nu(\text{Cl}_2) = 4 \cdot 0,04 \text{ моль} = 0,16$

моль. За рівнянням реакції (1)  $\nu(\text{NaCl}) = \nu(\text{HCl}) = 0,16 \text{ моль}$

$m = \nu \cdot M$

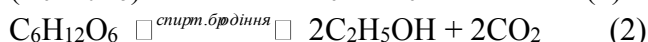
$m(\text{NaCl}) = 0,16 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 9,36 \text{ г}$

$$W = \frac{m(\text{чист. р.} \cdot \nu)}{m(\text{суміші})}$$

$$W(\text{NaCl}) = \frac{9,36 \text{ г}}{9,6 \text{ г}} = 0,975, \text{ або } 97,5\%$$

**Задача 9.** Масова частка целюлози у деревині дорівнює 50%. Яку масу спирту можна добути під час бродіння глюкози, що утворюється при гідролізі деревних ошуків масою 729 кг? Ураховати, що спирт виділяється у реакційній системі у вигляді розчину з масовою часткою води 8%. Вихід етанолу становить 70%.

#### Розв'язок



$$W = \frac{m(\text{чист. р.} \cdot \nu)}{m(\text{суміші})}$$

$m(\text{цел.}) = W(\text{цел.}) \cdot m(\text{дерев.})$

$m(\text{цел.}) = 0,5 \cdot 729 \text{ кг} = 364,5$

кг

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{цел.}) = \frac{364,5}{162} = 2,25 \text{ кмоль}$$

За рівняннями реакцій (1) і (2)  $\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 2\nu(\text{цел.}) = 4,5$

кмоль  $m = \nu \cdot M$

$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4,5 \cdot 46 = 207 \text{ кг}$

Оскільки вихід спирту становить 70%, то маса практична спирту дорівнюватиме:

$$\nu = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})}$$

$m(\text{практична}) = \nu \cdot m(\text{теоретична})$

$$m_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,7 \cdot 207 = 144,9 \text{ кг}$$

$$W = \frac{m(\text{розч. р.} \square \text{ни})}{m(\text{р} \square \text{ну})}$$

$$m(\text{р-ну}) = \frac{m(\text{розч. р.} \square \text{ни})}{W}$$

$$m(\text{р-ну}) = \frac{144,9}{0,92} = 157,5 \text{ кг}$$

*Лабораторна частина*  
**Експериментальні задачі**

У розчині міститься суміш двох натрієвих солей. Припускається, що це можуть бути ортофосфат, сульфат, сульфід або карбонат.

Додаткові реактиви: розчини кислот хлоридної та нітратної, барій хлориду, купрум(II) хлориду, аргентум(I) нітрату.

Виходячи з вище вказаного:

1. Скласти план експерименту і встановити дійсний склад суміші.
2. Скласти відповідні рівняння реакцій в молекулярному та йонному вигляді.

*Групова робота*

1. Сировина для алюмотермічного добування хрому крім хром(III) оксиду містить різні домішки, масова частка яких дорівнює 20%. До такої сировини масою 38 г добавили технічний алюміній масою 10 г і здійснили реакцію відновлення. Яка маса хрому утворилася, якщо масова частка алюмінію в технічному металі становить 97,25%?
2. Є суміш метилацетату та етилацетату масою 10,3 г. Масова частка метилацетату в суміші становить 35,9%. Який об'єм розчину з масовою часткою Натрій гідроксиду 40% і густиною 1,4 г/мл необхідний для повного лужного гідролізу суміші ефірів?
3. У воді масою 180 г розчинили мідний купорос ( $m=250$  г), який містить 20% нерозчинних домішок. Обчисліть масову частку купрум(II) сульфату в одержаному розчині.
4. Зразок кальцію, масова частка домішок в якому 5 %, взаємодіє з водою. Який об'єм газу (н.у.) виділиться при взаємодії з водою такого зразка масою 2,1 г?
5. Технічний цинк обробили розчином хлоридної кислоти масою 200 г з масовою часткою HCl 25%. Який об'єм водню виділиться при цьому, якщо маса технічного цинку становить 10 г, а масова частка домішок - 0,5%?
6. Зразок крейди містить  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  та некарбонатні домішки ( $W=3\%$ ). При дії надлишку хлоридної кислоти на зразок крейди масою 51,98 г добули газ об'ємом 11,31 л (н.у.). Обчисліть масу карбонату кальцію у взятому зразку крейди.
7. Обчисліть масу розчину технічної кислоти з масовою часткою HCl 30%, витраченої на розчинення цинку масою 200 г з масовою часткою нерозчинних домішок 35%.

*Індивідуальна робота*

**Варіант 1/12**

1. На суміш залізних та магнієвих ошурок масою 28,64 г подіяли 300 мл 4,2 М розчину сульфатної кислоти. Для нейтралізації надлишку кислоти використали розчин баритової води, одержаний розчиненням барій оксиду масою 91,8 г у воді. Обчисліть маси металів у вихідній суміші.
2. З технічного кальцій карбїду масою 200 г, де вміст домішок становить 20%, одержали ацетилен, який піддали повному гідруванню. Обчислити масу етану, який утворився, якщо практичний вихід його становить 75%.
3. При прожарюванні 400 г натрієвої селїтри отримали кисень об'ємом 33,6 л. Визначте масову частку домішок у селїтрі?
4. Обчисліть, яка маса магнетиту  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , що містить 10% домішок, потрібна для отримання заліза масою 8,4 кг.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіант 2/12

1. Яку масу сульфур(IV) оксиду можна добути з технічної сірки масою 30 г, якщо вихід продукту на першій стадії дорівнює 58%, а на другій – 82%, а масова частка сірки у зразку становить 94,3%?
2. Агломераційні фабрики на Дніпропетровському металургійному заводі викидають пил і сульфур(IV) оксид із розрахунку 192 кг  $\text{SO}_2$  на 1 т руди. Яку масу розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 98% можна добути з відходних газів, що утворюються в процесі агломерації 500 т руди, якщо вважати перетворення їх у кислоту повним?
3. Зразок ферум(II) сульфід у обробили надлишком хлоридної жкалій гідроксиду, в якому масова частка  $\text{KOH}$  становить 25% ( $\rho=1,28$  г/мл). При цьому утворилася кисла сіль. Яка маса зразка ферум(II) сульфід була взята, якщо в ньому 5% домішок?
4. В хімічній лабораторії випадково розлили на підлогу концентровану нітратну кислоту, що містить 0,76 моль  $\text{HNO}_3$ . Для нейтралізації кислоти використали технічну крейду, в якій 96% кальцій карбонату. Обчисліть масу технічної крейди, необхідної для знешкодження розлитої кислоти.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіант 3/12

1. У випалювальній печі за годину переробляють 2,5 т залізного колчедану, у якому масова частка  $\text{FeS}_2$  становить 85%. Який об'єм сульфур(IV) оксиду утворюється в печі за цей час? (Інший продукт випалювання –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).
2. Обчислити, скільки потрібно залізного колчедану, що містить 15% домішок, для виробництва 98%-го розчину сульфатної кислоти, якщо втрата Сульфуру становить 3%.
3. Скільки кілограмів сірчистого газу утвориться, якщо його практичний вихід становить 92%, в результаті випалювання 1 т піриту, який містить 40% Сульфуру, якщо при цьому в недогарку залишається 1% Сульфуру, що була в піриті?
4. Яку масу сульфур(VI) оксиду можна добути із технічної сірки масою 37 г, якщо вихід продукту на першій стадії – 59%, на другій – 80%, а масова частка сірки у зразку становить 91%?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіант 4 /12

1. Який об'єм (н.у.) сульфур(IV) оксиду утвориться в результаті спалювання 1000 т вугілля, у якому масова частка Сульфуру 0,32%? Яку масу сульфатної кислоти можна добути з цього оксиду під час його дальшої переробки, якщо практичний вихід сульфатної кислоти становить 80%?
2. У результаті випалювання свинцевого блиску, у якому масова частка  $\text{ZnS}$  становить 83%, добули 44,8 м<sup>3</sup> сульфур(IV) оксиду, що становить 93% від теоретично очікуваного об'єму. Обчислити, яку масу свинцевого блиску випалили? Який об'єм повітря (н.у.) витратили?
3. Який об'єм кисню, виміряний при температури 18°C і тиску 1000 кПа, необхідний для спалювання дигідроген сульфід масою 5 г, у якому 5% домішок?
4. Скільки потрібно амоніаку, у якому 10% домішок, для одержання 10 т амоній ортофосфату?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіант 5/12

1. Який об'єм сульфур(VI) оксиду, виміряного при температурі 27°C і тиску 98,5 кПа, утворюється при випалюванні піриту масою 30 г, який крім ферум дисульфід  $\text{FeS}_2$  містить домішки, які не утворюють при випалюванні  $\text{SO}_2$ . Масова частка домішок у піриті складає 20%.
2. Який об'єм амоніаку (н.у.), що містить 10% домішок, необхідно пропустити через 200 г розчину сульфатної кислоти з масовою часткою кислоти 9,8%, щоб утворилася кисла сіль?
3. Який об'єм хлоридної кислоти з масовою часткою гідроген хлориду 20% і густиною 1,1 г/мл слід узяти для нейтралізації 120 г амоніаку, що містить 10% домішок.
4. Обчислити масу сірчаного колчедану, масова частка домішок у якому 15%, необхідну для виробництва 100 т розчину сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  80%, якщо втрати сірки становлять 3%.



5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/12

1. У результаті випалювання свинцевого блиску, у якому масова частка ZnS становить 83%, добули 44,8 м<sup>3</sup> сульфур(IV) оксиду, що становить 93% від теоретично очікуваного об'єму. Обчислити, яку масу свинцевого блиску випалили? Який об'єм повітря (н.у.) витратили?
2. Зразок ферум(II) сульфід обробили надлишком хлоридної кислоти. Газ, що утворився, прореагував з 26,25 мл розчину калій гідроксиду, в якому масова частка КОН становить 25% ( $\rho=1,28$  г/мл). При цьому утворилася кисла сіль. Яка маса зразка ферум(II) сульфід була взята, якщо в ньому 5% домішок?
3. Обчислити масу цинк сульфід, масова частка домішок у якому 8%, необхідну для виробництва 0,5 т розчину сульфатної кислоти з масовою часткою сульфатної кислоти 95%, якщо втрати сірки становлять 2%.
4. У результаті окиснення піриту масою 150,3 г, масова частка домішок у якому становить 20,5%, одержали газ, який пропустили крізь розчин калій перманганату із концентрацією солі 0,5 моль/л ( $\rho=1,05$  г/см<sup>3</sup>) об'ємом 1,2 л. Визначити масові частки речовин у одержаному розчині, якщо реакція окиснення піриту відбулася з виходом 73,5%.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/12

1. Яку масу 50%-ної ортофосфатної кислоти можна добути з 800 кг фосфориту, що містить 38% домішок?
2. Обчисліть масу фосфориту, що містить 8% домішок, необхідного для одержання 124 г фосфору. Який об'єм розчину 98%-ної нітратної кислоти ( $\rho=1,51$  г/см<sup>3</sup>) витрачається на окиснення одержаного фосфору в ортофосфатну кислоту?
3. Для розчинення зразка технічного кальцій карбонату масою 200 г необхідна 70%-на нітратна кислота об'ємом 2002,7 мл ( $\rho=1,921$  г/см<sup>3</sup>). Визначити масову частку домішок у кальцій карбонаті.
4. Для добування простого суперфосфату використовують природний кальцій фосфат, що містить 9% домішок. Яку масу природного кальцій фосфату слід узяти для одержання простого суперфосфату, щоб під плодове дерево внести 24 г діючої речовин (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/12

1. Прожарюючи вапняк масою 250 кг, масова частка домішок у якому 20%, одержали карбон(IV) оксид. Який об'єм вуглекислого газу (н.у.) був одержаний?
2. Скільки грам натрій силікату утвориться при сплавленні 100 г піску, що містить 92% силіцій(IV) оксиду, з надлишком соди (натрій карбонат)?
3. При дії надлишку хлоридної кислоти на зразок доломіту MgCO<sub>3</sub>·CaCO<sub>3</sub> масою 100 г виділяється вуглекислий газ об'ємом 23,4 л (н.у.). Визначити масову частку (в %) домішок у даному зразку доломіту.
4. Зразок технічного кальцій карбід масою 16 г обробили надлишком води. Визначте об'єм газу (н.у.), який при цьому отримали, якщо масова частка домішок у кальцій карбіді складає 20%, а масова частка виходу продукту реакції складає 80% від теоретично можливого.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/12

1. Скільки грам натрій силікату можна одержати при сплавленні надлишку SiO<sub>2</sub> з 64,2 кг соди Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, що містить 5% домішок?
2. Визначити масу 50%-ної нітратної кислоти, яку можна добути нагріванням із сульфатною кислотою 80 г натрій нітрату, що містить 20% домішок.
3. Газ, добутий взаємодією 33 г амоній сульфату що містить 20% домішок, з надлишком

їдкого натру, був увібраний розчином, що містить 39,2 г фосфатної кислоти. Яка сіль утворилась при цьому?

4. Цукрові буряки за вегетаційний період вбирають з ґрунту на площі 1 га 120 кг фосфору в перерахунку на фосфорний ангідрид. Скільки подвійного суперфосфату, який містить 12% домішок, треба знести на 50 га, щоб відновити втрати фосфору?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 10/12

1. Скільки тонн 80-процентної сірчаної кислоти потрібно для виробництва 70 т преципітату (розрахунки на чистий продукт) з фосфориту, якщо останній містить 10% домішок? На кожну тонну домішок витрачається додатково по 45 кг 100-процентної сірчаної кислоти.
2. Скільки тонн 70-процентної сульфатної кислоти треба, щоб добути 50 т простого суперфосфату (в перерахунку на чистий суперфосфат) з 90-процентного фосфориту? Домішки мають основний характер, тому на кожну тонну домішок витрачається додатково 40 кг 100-процентної сірчаної кислоти.
3. Під просапні культури вносять калійні добрива з розрахунку 20 кг калій оксиду на 1 га. На шкільній ділянці під ці культури відведено 0,1 га. Скільки потрібно внести калій хлориду, який містить 15% домішок, для удобрення цієї ділянки? Якою кількістю збагаченого силвініту, що містить 52% калій хлориду, або попелу від стебел соняшника (містить 28% поташу) можна замінити калій хлорид?
4. У виробництві сульфатної кислоти контактним способом газ, який надходить у контактний апарат, містить приблизно 7% сульфур(IV) оксиду, 10% кисню і 83% азоту (відсотки за об'ємом). Чи вистачить у цій суміші кисню для повного перетворення сульфур(IV) оксиду в сульфур(VI) оксид?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

1. Якщо подіяти на 0,3 моль речовини А, що є середньою сіллю ортофосфатної кислоти, надлишком гідроксиду натрію, утворюється речовина Б, маса якої на 4,5 г більша від маси речовини А. Установіть формулу речовини А, якщо відомо, що до її складу входить одновалентний катіон.
2. Хімічний елемент Х широко застосовується в металургії, літакобудуванні та інших галузях промисловості. Найважливіші руди цього елемента містять його вищий солетворний оксид. Хлорид, у якому елемент проявляє валентність відповідно до місця в періодичній системі, містить 74,74% Хлору. Густина пари цього хлориду за воднем – 95. Який це елемент?
3. При прожарюванні 80 г безводного сульфату трьохвалентного металу одержали його оксид, маса якого виявилась на 24 г менше маси моля металу. Який це метал?
4. Відомо, що Гідроген може входити до складу йонних сполук. Чи існують у сполуках йони  $H^+$  та  $H^-$  (якщо так, то наведіть приклади сполук)? Поясніть, зв'язки якого типу утворюють атоми Гідрогену у калій гідриді, гідроген хлориді, кальцій гідроксиді?
5. У воді розчинили 29 г амоній нітрату, 54 г калій сульфату та 58 г калій нітрату; при цьому одержали 800 г розчину. Розчин того ж складу і такої ж маси може бути одержаний шляхом розчинення у воді амоній сульфату, калій нітрату та калій сульфату. Які маси солей потрібно для цього взяти?

#### Рекомендована література

##### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.

3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 13. Розв'язування задач на обчислення практичного виходу продукту реакції.

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі на обчислення практичного виходу продукту реакції.

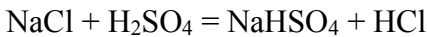
#### Семінарська частина

1. Розрахунки маси, об'єму, кількості речовини теоретичного виходу продукту реакції.
2. Обчислення маси, об'єму, кількості речовини практичного виходу продукту реакції.
3. Задачі на визначення практичного виходу продукту реакції.
4. Ускладнені задачі.

#### Зразки розв'язків

**Задача 1.** Весь хлороводень, одержаний дією надлишку сульфатної кислоти на натрій хлорид масою 14,9 г, поглинули водою масою 200 г. Визначити масову частку хлороводню в розчині, якщо його вихід в реакції становив 70%.

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}$$

$$\square(\text{NaCl}) = \frac{14,9\text{г}}{58,5\text{г/моль}} = 0,2547\text{ г}$$

За рівнянням реакції  $\square(\text{HCl}) = \square(\text{NaCl}) = 0,2547$

мольт =  $\square \square M$

$m_{\text{теор.}}(\text{HCl}) = 0,2547\text{ моль} \square 36,5\text{ г/моль} = 9,3\text{ г}$

$$\square = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})}$$

$m(\text{практична}) = \square \square m(\text{теоретична})$

$m_{\text{практ.}}(\text{HCl}) = 0,7 \square 9,3\text{ г} = 6,5\text{ г}$

$m(\text{розчину}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m_{\text{практ.}}(\text{HCl})$

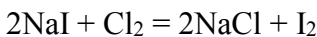
$m(\text{розчину}) = 200\text{ г} + 6,5\text{ г} = 206,5\text{ г}$

$$W = \frac{m(\text{розч. р-ни})}{m(\text{р-ну})}$$

$$W(\text{HCl}) = \frac{6,5\text{г}}{206,5\text{г}} = 0,0315, \text{ або } 3,15\%$$

**Задача 2.** Через розчин масою 50 г з масовою часткою натрій іодиду 15% пропустили надлишок хлору. Виділився іод масою 5,6 г. Визначити вихід продукту реакції.

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}; m(\text{розч. р-ни}) = W \square m(\text{розчину})$$

$$\square = \frac{W \square m(\text{р-ну})}{M}$$

$$\nu(\text{NaI}) = \frac{50\text{г} \cdot 0,15}{150} = 0,05 \text{ моль}$$

$$\text{За рівнянням реакції } \nu(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{NaI}) = \frac{1}{2} \cdot 0,05 \text{ моль} = 0,025 \text{ моль}$$

$$m = \nu \cdot M$$

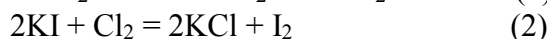
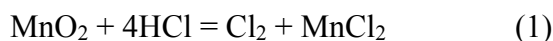
$$m_{\text{теор.}}(\text{I}_2) = 0,025 \text{ моль} \cdot 254 \text{ г/моль} = 6,35 \text{ г}$$

$$\eta = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})}$$

$$\eta(\text{I}_2) = \frac{5,6\text{г}}{6,35\text{г}} = 0,882, \text{ або } 88,2\%$$

**Задача 3.** Яку масу манган(IV) оксиду і який об'єм розчину з масовою часткою HCl 36% ( $\rho = 1,18$  г/мл) треба взяти для одержання хлору, який може витіснити з розчину калій іодиду молекулярний іод масою 30,48 г? Вихід продукту на кожній стадії процесу становить 80% від теоретично можливого.

### Розв'язок



$$\eta = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})}$$

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m(\text{практ.})}{\eta}$$

$$m_{\text{теор.}}(\text{I}_2) = \frac{30,48\text{г}}{0,8} = 38,1 \text{ г}$$

$$\eta = \frac{m}{M}$$

$$\eta(\text{I}_2) = \frac{38,1\text{г}}{254\text{г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (2)  $\nu(\text{Cl}_2) = \nu(\text{I}_2) = 0,15$  моль

Вихід продукту реакції можна знайти і за кількістю речовини:

$$\eta = \frac{\nu(\text{практ.})}{\nu(\text{теорет.})}$$

$$\nu(\text{теорет.}) = \frac{\nu(\text{практ.})}{\eta}$$

$$\nu_{\text{теорет.}}(\text{Cl}_2) = \frac{0,15 \text{ моль}}{0,8} = 0,1875 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (1)  $\nu(\text{MnO}_2) = \nu(\text{Cl}_2) = 0,1875$

моль  $m = \nu \cdot M$

$$m(\text{MnO}_2) = 0,1875 \text{ моль} \cdot 71 \text{ г/моль} = 13,31 \text{ г}$$

$$\nu(\text{HCl}) = 4 \nu(\text{Cl}_2) = 0,1875 \text{ моль} \cdot 4 = 0,75$$

$$\text{моль } m(\text{HCl}) = 0,75 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 27,375 \text{ г}$$

$$W = \frac{m(\text{розч. р-ну})}{m(\text{р-ну})}$$

$$m(\text{р-ну}) = \frac{m(\text{розч. р-ну})}{W}$$

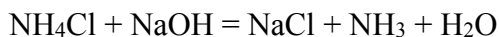
$$m(\text{р-ну HCl}) = \frac{27,375\text{г}}{0,36} = 76,04 \text{ г}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V(\text{р-ну HCl}) = \frac{76,04\text{г}}{1,18\text{г/мл}} = 64,44 \text{ мл}$$

**Задача 4.** У якому об'ємі води треба розчинити аміак, одержаний із 96,3 г амоній хлориду з виходом 60%, щоб концентрація одержаного розчину була рівною 0,5 моль/л? ( $\rho = 1,12 \text{ г/мл}$ ).

#### Розв'язок



$$\rho = \frac{m}{M}$$

$$\rho(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{96,3\text{г}}{53,5\text{г/моль}} = 1,8 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції  $\rho(\text{NH}_3) = \rho(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,8 \text{ моль}$

$$\rho = \frac{\rho(\text{практи.})}{\rho(\text{теорет.})}$$

$$\rho(\text{практи.}) = \rho \rho(\text{теорет.})$$

$$\rho_{\text{практи.}}(\text{NH}_3) = 0,6 \rho 1,8 \text{ моль} = 1,08$$

$$\text{моль } m = \rho M$$

$$m(\text{NH}_3) = 1,08 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 18,36 \text{ г}$$

$$C = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{C}$$

$$V(\text{р-ну}) = \frac{1,08 \text{ моль}}{0,5 \text{ моль/л}} = 2,16 \text{ л} = 2160 \text{ мл}$$

$$m =$$

$$\rho V$$

$$m(\text{р-ну}) = 1,12 \text{ г/мл} \cdot 2160 \text{ мл} = 2419,2$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{NH}_3)$$

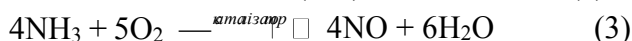
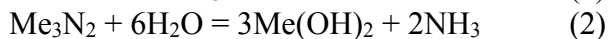
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2419,2 \text{ г} - 18,36 \text{ г} = 2400,84 \text{ г}$$

$$\text{Для води } \rho = 1 \text{ г/мл}$$

$$\text{Тоді } V(\text{H}_2\text{O}) = 2400,84 \text{ мл}$$

**Задача 5.** 60 г металу II А групи періодичної системи, взаємодіючи з азотом, утворює нітрид, який, реагуючи з водою, утворює гідроксид відповідного металу та аміак. При каталітичному окисненні аміаку, який виділився, утворюється 11,2 л нітроген(II) оксиду (н.у.). Вихід становить 50%. Який це метал?

#### Розв'язок



$$\rho = \frac{V}{V_m}$$

$$\rho(\text{NO}) = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$\rho = \frac{\rho(\text{практи.})}{\rho(\text{теорет.})}$$

$$\square(\text{теорет.}) = \frac{\square(\text{практ.})}{\square}$$

$$\square_{\text{теорет.}}(\text{NO}) = \frac{0,5 \text{ моль}}{0,5} = 1 \text{ моль} = \square(\text{NH}_3) \text{ – за рівнянням реакції (3)}$$

$$\text{За рівнянням реакції (2)} \quad \square(\text{Me}_3\text{N}_2) = \frac{1}{2} \square(\text{NH}_3) = 0,5 \text{ моль}$$

$$\text{За рівнянням реакції (1)} \quad \square(\text{Me}) = 3 \square(\text{Me}_3\text{N}_2) = 3 \cdot 0,5 \text{ моль} = 1,5 \text{ моль}$$

$$\square = \frac{m}{M}$$

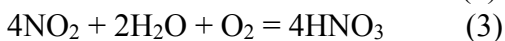
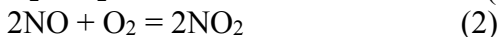
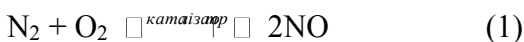
$$M = \frac{m}{\square}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{60 \text{ г}}{1,5 \text{ моль}} = 40 \text{ г/моль}$$

Метал – Ca

**Задача 6.** Визначити об'єм азоту (н.у.) необхідний для добування 400 мл 70%-ного розчину нітратної кислоти ( $\rho = 1,921 \text{ г/см}^3$ ), якщо вихід продукту реакції на кожній стадії становить 60%. Яку масу калійної селітри можна одержати з цієї кислоти?

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}; \quad m(\text{розч. р-ни}) = W \cdot m(\text{розчину})$$

$$\square = \frac{W \cdot m(\text{р-ну})}{M}$$

$$\square(\text{HNO}_3) = \frac{400 \text{ мл} \cdot 1,921 \text{ г/мл} \cdot 0,7}{63 \text{ г/моль}} = 8,54 \text{ моль}$$

$$\square = \frac{\square(\text{практ.})}{\square(\text{теорет.})}$$

$$\square(\text{теорет.}) = \frac{\square(\text{практ.})}{\square}$$

$$\square_{\text{теорет.}}(\text{HNO}_3) = \frac{8,54}{0,6} = 14,23 \text{ моль}$$

$$\text{За рівнянням реакції (3)} \quad \square(\text{NO}_2) = \square(\text{HNO}_3) = 14,23 \text{ моль}$$

$$\square_{\text{теорет.}}(\text{NO}_2) = \frac{14,23}{0,6} = 23,72 \text{ моль}$$

$$\text{За рівнянням реакції (2)} \quad \square(\text{NO}) = \square(\text{NO}_2) = 23,72 \text{ моль}$$

$$\square_{\text{теорет.}}(\text{NO}) = \frac{23,72}{0,6} = 39,53 \text{ моль}$$

$$\text{За рівнянням реакції (1)} \quad \square(\text{N}_2) = \frac{1}{2} \square(\text{NO}) = \frac{39,53}{2} = 19,765 \text{ моль}$$

$$V = \square \cdot V_m$$

$$V(\text{N}_2) = 19,765 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 442,8 \text{ л}$$

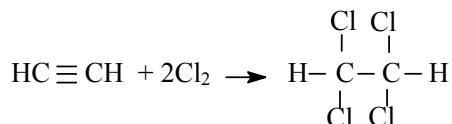
$$\text{За рівнянням реакції (4)} \quad \square(\text{KNO}_3) = \square(\text{HNO}_3) = 8,54 \text{ моль}$$

$$m = \square \cdot M$$

$$m(\text{KNO}_3) = 8,54 \text{ моль} \cdot 101 \text{ г/моль} = 13,63 \text{ г}$$

**Задача 7.** Із технічного кальцій карбїду масою 200 г, масова частка домішок у якому становить 20%, одержали ацетилен. Обчислити масу розчинника 1,1,2,2-тетрахлоретану, який можна одержати з ацетилену, якщо вихід галогенопохідного становить 75%.

#### Розв'язок



$$W(\text{CaC}_2) = 100\% - 20\% = 80\%$$

$$\square = \frac{m}{M}$$

$$m(\text{чист. р-ни}) = W \cdot m(\text{суміші})$$

$$\square = \frac{W \cdot m(\text{р-ну})}{M}$$

$$\square(\text{CaC}_2) = \frac{200\text{г} \cdot 0,8}{64} = 2,5 \text{ моль}$$

$$\square(\text{CaC}_2) = \square(\text{C}_2\text{H}_2) = \square(\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4) = 2,5 \text{ моль}$$

$$m_{\text{теорет.}}(\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4) = 2,5 \text{ моль} \cdot 168 \text{ г/моль} = 420 \text{ г}$$

$$\square = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})}$$

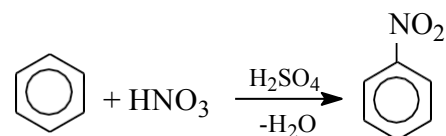
$$m_{\text{практ.}} = \square \cdot m(\text{теорет.})$$

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4) = 420 \text{ г} \cdot 0,75 = 315$$

г

**Задача 8.** Яку масу нітробензену можна добути при взаємодії бензену масою 780 г з нітратною кислотою масою 2 кг в присутності сульфатної кислоти, якщо масова частка практичного виходу нітробензену становить 80%.

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}$$

$$\square(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{780\text{г}}{78\text{г/моль}} = 10 \text{ моль}$$

$$\square(\text{HNO}_3) = \frac{2000\text{г}}{63\text{г/моль}} = 31,75 \text{ моль}$$

У недостатчі бензол.

$$\text{За рівнянням реакції } \square(\text{C}_6\text{H}_6) = \square(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 10$$

$$\text{моль } m_{\text{теорет.}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 10 \text{ моль} \cdot 123 \text{ г/моль} = 1230$$

г

$$\square = \frac{m(\text{практична})}{m(\text{теоретична})}$$

$$m_{\text{практ.}} = \square \cdot m(\text{теорет.})$$

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 0,8 \cdot 1230 \text{ г} = 984$$

г.

**1. Умова:** У вашому розпорядженні є склянки без етикеток з розчинами цинк хлориду і натрій гідроксиду та дві пробірки. Не використовуючи додаткових реактивів, розпізнайте ці речовини. Запишіть рівняння відповідних реакцій.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, склянки без етикеток, скляна паличка; розчини цинк хлориду і натрій гідроксиду, дистильована вода, універсальний індикатор.

**2. Умова:** До розчину, який містить 1,42 г натрій сульфату, долийте розчин, що містить 2,8 г барій нітрату. Утворений осад відфільтруйте. Які речовини містяться у фільтраті?

**Обладнання та реактиви:** штатив з пробірками, скляна паличка, фільтрувальний папір, технічні ваги, різноважки, дистильована вода, розчин сульфату натрію –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , розчин нітрату барію –  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ .

#### *Групова робота*

1. Обчислити масу осаду, який утворився при зливанні 100 мл розчину з масовою часткою барій хлориду 9,45% і густиною  $1,1 \text{ г/см}^3$  та 200 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 4,76% і густиною  $1,03 \text{ г/см}^3$ . Практичний вихід солі становить 95%.
2. Обчислити масу солі, яка утвориться при зливанні 500 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 54,7% і густиною  $1,479 \text{ г/см}^3$  та 450 мл розчину амоній гідроксиду ( $W=30\%$ ,  $\rho=0,898 \text{ г/см}^3$ ). Практичний вихід солі становить 73%.
3. У результаті окиснення піриту масою 150,3 г, масова частка домішок у якому становить 20,5%, одержали газ, який пропустили крізь розчин калій перманганату із концентрацією солі 0,5 моль/л ( $\rho=1,05 \text{ г/см}^3$ ) об'ємом 1,2 л. Визначити масові частки речовин у одержаному розчині, якщо реакція окиснення піриту відбулася з виходом 73,5%.
4. При пропусканні крізь електричну дугу повітря утворюється нітроген(II) оксид. Визначити константу рівноваги реакції, якщо рівноважний вихід нітроген(II) оксиду при  $1500^\circ\text{C}$  становить 0,325%, а при  $2400^\circ\text{C}$  – 2,24%.
5. У виробництві сульфатної кислоти контактним способом газ, який надходить у контактний апарат, містить приблизно 7% сульфур(IV) оксиду, 10% кисню і 83% азоту (відсотки за об'ємом). Чи вистачить у цій суміші кисню для повного перетворення сульфур(IV) оксиду в сульфур(VI) оксид?
6. У контактний апарат надійшло 100 об'ємів газової суміші, яка складається із 7% сульфур(IV) оксиду, 10% кисню і 83% азоту. Який об'єм матиме ця суміш після виходу з апарата, якщо вважати, що сульфур(IV) оксид окиснюється повністю.
7. У контактний апарат надходить суміш, яка містить 7% сульфур(IV) оксиду, 10,5% кисню і 82,5% азоту. У скільки разів вміст кисню у цій суміші перевищує його кількість, потрібно за теоретичними розрахунком для окиснення сульфур(IV) оксиду?
8. У контактний апарат надходить газ такого складу: 9% сульфур(IV) оксиду, 8,2% кисню, 82,8% азоту. Вихід сульфур(VI) оксиду становить 95% від теоретичного. Які гази і в якій кількості виходять з апарата? Обчислення проведіть на  $1 \text{ м}^3$  вихідної суміші.
9. У контактний апарат надходить газ такого складу: 7% сірчистого ангідриду, 11% кисню, 82% азоту. Вихід сульфур(VI) оксиду становить 96% від теоретичного. Які гази і в якій кількості виходять з апарата? Обчислення проведіть на  $1 \text{ м}^3$  вихідної суміші.
10. Із 100 об'ємів газової суміші, яка містить 83% (за об'ємом) азоту, сульфур(IV) оксид і кисень, після виходу її з апарату вийшло 97 об'ємів газу. Обчисліть процентний вміст кисню і сульфур(IV) оксиду (за об'ємом) у вихідній суміші, вважаючи, що сірчистий газ окиснюється повністю.
11. Вихідні дані: продуктивність печі для випалювання колчедану становить 30 т колчедану на добу; колчедан містить 42,4% сірки; повітря витрачається на 60% більше проти теоретично обчисленого за рівнянням реакції; вихід сульфур(IV) оксиду становить 97,4% від теоретично можливого.

#### *Індивідуальна робота*

#### **Варіант 1/13**



1. При випалюванні залізного колчедану масою 96 г одержали ферум (III) оксид масою 60 г. Обчислити вихід продукту реакції за відношенням до теоретичного.
2. Обчислити масу негашеного вапна (кальцій оксид, що утвориться в результаті випалювання 1200 г кальцій карбонату, якщо вихід продукту дорівнює 75%.
3. Залізні ошурки масою 6,5 г окиснили хлором. Одержаний продукт розчинили у воді і довели об'єм розчину до 300 мл. До одержаного розчину прилили 200 мл калій гідроксиду ( $\rho=1,173$  г/мл),  $W=9,55\%$ ). Одержаний розчин відфільтрували та прожарили. Визначити: а) масу одержаного твердого залишку, якщо вихід продукту реакції прожарювання становить 85%; б) молярні концентрації речовин у фільтраті.
4. При випалюванні 0,5 т піриту, що містить 45% сірки, одержують 440 кг  $SO_2$ . Обчислити вихід  $SO_2$  у відсотках від теоретично можливого.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 2/13

1. При окисненні 19,2 кг  $SO_2$  киснем повітря одержано 22,51 кг  $SO_2$ . Який відсоток від теоретично можливого виходу складає ця кількість?
2. Який об'єм сульфур(IV) оксиду (н.у.) потрібно взяти для реакції окиснення киснем, щоб одержати сульфур(VI) оксид об'ємом 20 л (н.у.), якщо об'ємна частка виходу складає 80%?
3. Скільки грамів ферум(II) сульфїду необхідно взяти, щоб одержати 120 л сірководню (н.у.), якщо об'ємна частка виходу газу складає 90%?
4. При випалюванні 250 г свинцевого блиску, що містить 13% Сульфур, одержують 23,4 кг  $SO_2$ . Обчислити вихід  $SO_2$  у відсотках від теоретично можливого.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/13

1. Скільки грамів алюміній сульфїду необхідно взяти, щоб одержати 67,5 л сірководню (н.у.), якщо об'ємна частка виходу газу складає 93,5%?
2. Скільки сульфатної кислоти можна одержати із 1 т залізного колчедану, який містить 45% сірки. Практичний вихід сульфатної кислоти 97,5%.
3. Скільки піриту, який містить 44% сірки, необхідно для виробництва 0,5 т  $SO_2$ , якщо виробничі витрати газу при випалюванні складають 2%?
4. Обчислити масу сульфур(VI) оксиду, яку можна одержати при окисненні 164 г сульфур(IV) оксиду, якщо вихід продукту становить 57%.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/13

1. Яка маса сульфур(IV) оксиду потрібна для отримання 80 кг сульфур(VI) оксиду, якщо вихід продукту становить 90%?
2. При випалюванні 100 г руди, що містить 9,7% цинк сульфїду, одержали 2 л сульфур(IV) оксиду (н.у.). Обчислити вихід сульфур(IV) оксиду?
3. Яку масу сульфатної кислоти можна добути із 150 г сульфур(VI) оксиду, якщо вихід продукту становить 98%?
4. Яку масу сульфур(VI) оксиду можна добути з 482 г сульфур(IV) оксиду, якщо вихід продукту реакції становить 93%?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 5/13

1. Яку масу дигідрогенсульфїду спалили, щоб одержати 112,5 л сульфур(IV) оксиду (н.у.)? Вихід газу становить 85%.
2. Зі зразка натрій сульфату(IV) масою 60 г, у якому масова частка несольфїтних домішок 16%, добули 8 л сульфур(IV) оксиду. Обчислити вихід сульфур(IV) оксиду.

3. У результаті випалювання цинкової обманки, у якій масова частка ZnS становить 80%, добули 53,2 м<sup>3</sup> сульфур(IV) оксиду, що становить 95% від теоретично очікуваного об'єму. Обчислити, яку масу цинкової обманки випалили. Який об'єм повітря (н.у.) витратили?
4. Яку масу сульфур(VI) оксиду можна добути із технічної сірки масою 525 г, якщо вихід продукту на першій стадії – 60%, на другій – 80%, а масова частка сірки у зразку становить 95%.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/13

1. Обчислити відсоток використання Сульфуру, якщо з 400 т залізного колчедану, який містить 46% Сульфуру, вироблено 500 т сульфатної кислоти.
2. Обчислити, скільки потрібно залізного колчедану, що містить 15% домішок, для виробництва 98%-го розчину сульфатної кислоти, якщо втрата Сульфуру становить 3%.
3. Скільки сульфатної кислоти можна добути, маючи 800 т залізного колчедану, який містить 45% Сульфуру? Практичний вихід сульфатної кислоти становить 98%.
4. Скільки кілограмів сірчистого газу утвориться, якщо його практичний вихід становить 92%, в результаті випалювання 1 т піриту, який містить 40% Сульфуру, якщо при цьому в недогарку залишається 1% Сульфуру, що була в піриті?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/13

1. Яку масу сульфур(VI) оксиду можна добути із технічної сірки масою 37 г, якщо вихід продукту на першій стадії – 59%, на другій – 80%, а масова частка сірки у зразку становить 91%?
2. У результаті випалювання свинцевого блиску, у якому масова частка ZnS становить 83%, добули 44,8 м<sup>3</sup> сульфур(IV) оксиду, що становить 93% від теоретично очікуваного об'єму. Обчислити, яку масу свинцевого блиску випалили? Який об'єм повітря (н.у.) витратили?
3. Який об'єм (н.у.) сульфур(IV) оксиду утвориться в результаті спалювання 1000 т вугілля, у якому масова частка Сульфуру 0,32%? Яку масу сульфатної кислоти можна добути з цього оксиду під час його дальшої переробки, якщо практичний вихід сульфатної кислоти становить 80%?
4. Визначити масову частку сульфатної кислоти в розчині, що утвориться в результаті взаємодії 15 г сульфур(VI) оксиду з 180 г розчину сульфатної кислоти, у якому масова частка розчиненої речовини 20%.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/13

1. Для виробництва сульфатної кислоти можна використовувати сірководень із відходних органічного синтезу. Скласти рівняння реакцій окиснення сірководню до сульфур(IV) оксиду. Яку масу сульфатної кислоти можна добути (практичний вихід 0,98) із сірководню об'ємом 1500 м<sup>3</sup> (н.у.)?
2. Визначити масу сульфур(IV) оксиду, яку потрібно розчинити в розчині масою 400 г з масовою часткою 15%, щоб добути розчин з масовою часткою кислоти 49%.
3. У якій масі розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 25% потрібно розчинити 55 г сульфур(VI) оксиду, щоб добути розчин з масовою часткою сульфатної кислоти 50%?
4. Яку масу сульфур(IV) оксиду можна добути з технічної сірки масою 30 г, якщо вихід продукту на першій стадії дорівнює 58%, а на другій – 82%, а масова частка сірки у зразку становить 94,3%?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/13

1. Агломераційні фабрики на Дніпропетровському металургійному заводі викидають пил і сульфур(IV) оксид із розрахунку 192 кг SO<sub>2</sub> на 1 т руди. Яку масу розчину з масовою часткою

сульфатної кислоти 98% можна добути з відходних газів, що утворюються в процесі агломерації 500 т руди, якщо вважати перетворення їх у кислоту повним?

2. Якої концентрації (у % за масою) повинна утворитися кислота в результаті проходження через контактний апарат суміші, що утворюється при спалюванні дигідроген сульфід у надлишку повітря і охолодження продуктів реакції, якщо вважати, що перетворення відбувається повністю?
3. Газ, що добувається випалюванням залізного колчедану, звичайно містить близько 200 г сульфур(IV) оксиду в 1 м<sup>3</sup>. Ступінь перетворення його в сульфур(VI) оксид у контактному апараті при 450°C досягає 97,5%. Обчисліть, скільки в цьому випадку утворюється SO<sub>3</sub> на кожний кубічний метр газу, що надходить в апарат?
4. За рік було вироблено 12058 т сульфатної кислоти в розрахунку на моногідрат. Скільки колчедану з вмістом 45% Сульфуру треба переробити для вироблення такої кількості сульфатної кислоти, якщо вважати, що вихід кислоти становить 98% від теоретично можливого?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіант 10/13

1. У радіусі 5 км навколо хімічного заводу відчувається легкий запах дигідроген сульфід. Аналіз проб повітря, відібраних з вертольота, показав, що газ поширений на висоті до 2 км. Концентрація дигідроген сульфід в повітрі цієї зони 1/20 ГДН, що становить 0,01 мл/л. Скільки сульфатної кислоти можна добути, якби вдалося вловити весь дигідроген сульфід?
2. Сульфур діоксид змішали з киснем у молярному співвідношенні 1:1. Об'єм газу, що вийшов з контактного апарату, складає 87,5% відносно об'єму, виміряного до реакції за таких же умов. Обчисліть вихід сульфур триоксиду в реакції.
3. При взаємодії амоній хлориду з аргентум нітратом масою 4 г, з масовою часткою домішок 15%, випав осад масою 2,5 г. Який вихід продукту реакції від теоретично можливого?
4. При взаємодії натрій гідроксиду масою 5 г, у якому 20% домішок, з амоній хлоридом виділився амоніак об'ємом 2 л (н.у.). Який вихід продукту реакції від теоретично можливого?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіант 11/13

1. Скільки потрібно взяти амоніаку, в якому 7% домішок, для виробництва 400 л нітроген(II) оксиду, якщо вихід продукту становить 80%?
2. Скільки потрібно взяти амоніаку, в якому 5% домішок, для виробництва 27 г амоній сульфату, якщо вихід продукту становить 92%?
3. Скільки потрібно взяти амоніаку, в якому 2% домішок, для добування 193 г амоній хлориду, якщо вихід продукту реакції становить 98%?
4. Яку масу цинк сульфід випалили, якщо одержали сульфур діоксид об'ємом 10,08 л (н.у.) при виході 90%?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіативна складова

#### Творчі завдання

1. Суміш двох твердих простих речовин масою 1,52 г обробили хлоридною кислотою, взятою в надлишку. У результаті реакції виділилось 0,896 л газу (н.у.) і залишилося 0,56 г речовини, що не прореагувала. Таку ж наважку суміші обробили надлишком 10%-го розчину NaOH. При цьому також виділилося 0,896 л (н.у.) газу, а маса твердого залишку становила 0,96 г. У третьому досліді таку ж наважку суміші прожарювали без доступу повітря. Одержана речовина повністю розчинилася в хлоридній кислоті з виділенням 0,448 л (н.у.) деякого газу. Газ зібрали і ввели в герметично закриту посудину об'ємом 1 л (н.у.), наповнену киснем. Після взаємодії газу з киснем тиск у посудині зменшився приблизно в 10 раз. Визначте невідомі речовини. Напишіть рівняння згаданих реакцій.

2. При змішуванні водних розчинів двох речовин, взятих у еквівалентних кількостях, випало 1,25 г осаду, що являє собою сіль двохвалентного металу М. Осад відділили фільтруванням. При нагріванні до 1100°C сіль розкладається з утворенням 0,70 г твердого оксиду МО і газоподібного оксиду.

При випарюванні фільтрату після відділення осаду одержали 2,0 г сухого залишку, який при температурі розкладу 215°C дає два продукти: газоподібний оксид і 0,90 г водяної пари. Загальний об'єм парогазової суміші дорівнює 1,68 л (у перерахунку на нормальні умови).

Визначте вихідні речовини і запишіть рівняння згаданих реакцій.

3. Дві металічні пластинки однакової маси опустили в дві окремі посудини з розчином соляної кислоти. Після припинення виділення газу обидві посудини разом з пластинками зважили і виявилось, що втрата маси в обох випадках склала 0,2 г. Пластинки поміняли місцями, знову дочекались закінчення реакції, вийняли, видалили залишки вологи і зважили. Одна пластинка була важча за іншу на 1,8 г, а загальна втрата маси пластинок склала 13 г. З яких металів були виготовлені пластинки?

4. Суміш мідного купоросу та кристалічної соди (декагідрат натрій карбонату) містить 50% за масою зв'язаної (кристалізаційної) води.

– Визначте масові частки кожної з речовин у суміші.

– Напишіть рівняння реакції, яка відбувається при розчиненні цієї суміші у воді. Які речовини будуть у розчині після їх закінчення.

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 14. Задачі на обчислення за хімічними рівняннями кількості, маси, об'єму речовини, якщо один із реагентів узятий у надлишку

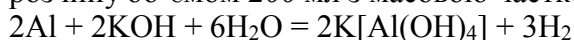
**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати різними способами розрахункові задачі за хімічними рівняннями кількості, маси, об'єму речовини, якщо один із реагентів узятий у надлишку.

#### Семінарська частина

1. Різні способи визначення яка речовина прореагувала повністю, а яка була в надлишку.
2. Методика розв'язування задач, згідно умов яких надлишок не взаємодіє з утвореною речовиною.
3. Методика розв'язування задач, згідно умов яких надлишок взаємодіє з утвореною речовиною.
4. Ускладнені задачі.

#### Зразки розв'язку

**Задача 1.** Який об'єм водню, вимірний за н.у., виділиться при дії на алюміній масою 32,4 г розчину об'ємом 200 мл з масовою часткою гідроксиду калію 30% і густиною 1,29 г/мл?



Якщо дано маси двох вихідних речовин, то шукаємо, яка з речовин у недостатці і по ній ведемо розрахунок.

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{Al}) = \frac{32,4\text{г}}{27\text{г/моль}} = 1,2 \text{ моль}$$

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad m(\text{розч. р-ни}) = W \cdot m(\text{розчину}); \quad m(\text{р-ну}) = \nu \cdot V$$

$$\nu = \frac{W \cdot \nu \cdot V}{M}$$

$$\nu(\text{KOH}) = \frac{200\text{мл} \cdot 1,29\text{г/мл}}{0,356\text{г/моль}} = 1,38 \text{ моль}$$

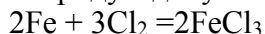
За рівнянням реакції кількості речовин співвідносяться між собою 1:1. Отже, КОН у надлишку. Розрахунок ведемо за кількістю речовини алюмінію.

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \cdot \nu(\text{Al}) = \frac{3}{2} \cdot 1,2 \text{ моль} = 1,8 \text{ моль}$$

$$V = \nu \cdot V_m$$

$$V(\text{H}_2) = 1,8 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 40,32 \text{ л}$$

**Задача 2.** Унаслідок реакції між залізом масою 22,4 г та хлором, об'ємом 15,68 л (н.у.), добули ферум(III) хлорид, який розчинили у воді масою 500 г. Визначити масову частку ферум(III) хлориду в добутому розчині.



Якщо дано маси двох вихідних речовин, то шукаємо, яка з речовин у недостатці і по ній ведемо розрахунок.

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu(\text{Fe}) = \frac{22,4\text{г}}{56\text{г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu = \frac{V}{V_m}$$

$$\nu(\text{Cl}_2) = \frac{15,68\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,7 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції залізо і хлор реагують у мольному співвідношенні 2:3, отже, хлор у надлишку. Розрахунок ведемо за кількістю речовини заліза

$$\nu(\text{FeCl}_3) = \nu(\text{Fe}) = 0,4$$

$$\text{моль} \cdot M = \nu \cdot M$$

$$m(\text{FeCl}_3) = 0,4 \text{ моль} \cdot 162,5 \text{ г/моль} = 65$$

Знайдемо масу розчину:

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{FeCl}_3)$$

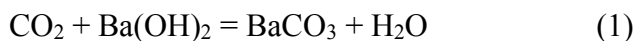
$$m(\text{р-ну}) = 500 \text{ г} + 65 \text{ г} = 565 \text{ г}$$

$$W = \frac{m(\text{речовини})}{m(\text{розчину})}$$

$$W(\text{FeCl}_3) = \frac{65}{565} = 0,115, \text{ або } 11,5\%$$

**Задача 3.** Яка маса осаду утвориться, якщо пропустити оксид вуглецю (IV) об'ємом 218 мл (н.у.) крізь розчин масою 20 г з масовою часткою гідроксиду барію 0,12?

**Розв'язок**



$$V = \frac{V}{Vm}$$

$$\square(\text{CO}_2) = \frac{0,336\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,014 \text{ моль}$$

$$\square = \frac{m}{M}; \quad m(\text{розч. р-ни}) = W \square m(\text{розчину})$$

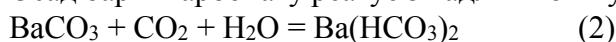
$$\square = \frac{W \square m(\text{р-ну})}{M}$$

$$\square(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{20\% \square 0,1026}{171\text{г/моль}} = 0,012 \text{ моль}$$

У недостатчі барій гідроксид, тому розрахунки ведемо за кількістю речовини барій гідроксиду

$$\square(\text{BaCO}_3) = \square(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,012 \text{ моль}$$

Осад барій карбонату реагує з надлишком вуглекислого газу з утворенням розчинної кислій солі



За рівнянням (1) на 0,012 моль барій гідроксиду витратиться 0,012 моль карбон(IV) оксиду

$$\square_1(\text{CO}_2) = \square(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,012 \text{ моль}$$

На взаємодію з барій карбонатом витратиться:

$$\square_2(\text{CO}_2) = 0,014 \text{ моль} - 0,012 \text{ моль} = 0,002 \text{ моль} =$$

$$\square_1(\text{BaCO}_3) \text{ Отже, кількість речовини осаду BaCO}_3$$

становитиме:

$$\square(\text{BaCO}_3) = \square(\text{BaCO}_3) - \square_1(\text{BaCO}_3)$$

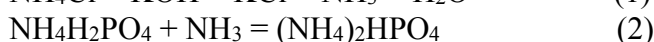
$$\square(\text{BaCO}_3) = 0,012 \text{ моль} - 0,002 \text{ моль} = 0,01$$

$$\text{моль} \quad m = \square \square M$$

$$m(\text{BaCO}_3) = 0,01 \text{ моль} \square 197 \text{ г/моль} = 1,97 \text{ г}$$

**Задача 4.** Через 200 г розчину амоній дигідрогенфосфату з масовою часткою солі 23% пропущено газ, який одержали взаємодією 10,7 г амоній хлориду надлишком калій гідроксиду. Які речовини і якої маси залишаться в розчині після його випарювання при помірній температурі?

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}$$

$$\square(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{10,7\text{г}}{53,5\text{г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (1)  $\square(\text{NH}_3) = \square(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,2 \text{ моль}$

$$\square = \frac{m}{M}; \quad m(\text{розч. р-ни}) = W \square m(\text{розчину})$$

$$\square = \frac{W \square m(\text{р-ну})}{M}$$

$$\square(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = \frac{0,23 \square 200\text{г}}{115\text{г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (2) речовини реагують між собою у мольному співвідношенні 1:1

$$\square(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = \square(\text{NH}_3) = \square(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 0,2 \text{ моль}$$

Отже, у розчині після закінчення реакції залишиться 0,2 моль амоній гідрогенфосфату і 0,4 моль – 0,2 моль = 0,2 моль амоній дигідрогенфосфату.

$$m = \square \square M$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,2 \text{ моль} \square 132 \text{ г/моль} = 26,4$$

$$\text{г} \quad m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,2 \text{ моль} \square 115 \text{ г/моль} = 23 \text{ г}$$

**Задача 5.** Крізь 500 г 17%-ного розчину нітрату срібла пропустили газ, що утворився при дії концентрованої сірчаної кислоти ( $V=200$  мл,  $W = 98\%$ ,  $\rho=1,21$ ) на безводний хлорид магнію масою 114 г. Визначити процентну концентрацію сполук, що залишились у розчині після відокремлення осаду.

**Розв'язок**



$$\rho = \frac{m}{M}; \quad m(\text{розч. р-ни}) = W \rho m(\text{розчину}); \quad m(\text{р-ну}) = \rho V$$

$$\rho = \frac{W \rho \rho V}{M}$$

$$\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{200 \text{ мл} \cdot 1,21 \text{ г/мл} \cdot 0,98}{98} = 2,42 \text{ моль}$$

$$\rho(\text{MgCl}_2) = \frac{114 \text{ г}}{95 \text{ г/моль}} = 1,2 \text{ моль}$$

У недостачі магній хлорид, розрахунки ведемо за кількістю речовини магній хлориду.

$$\rho(\text{HCl}) = 2 \rho(\text{MgCl}_2) = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 2,4 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 87,6 \text{ г}$$



$$\rho(\text{AgNO}_3) = \frac{500 \text{ г}}{170 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (2) кількості речовини аргентум нітрату і хлороводню відносяться 1:1. Отже, хлороводень у надлишку і розрахунок ведемо за кількістю речовини аргентум нітрату.

$$\rho(\text{AgCl}) = \rho(\text{AgNO}_3) = 0,5 \text{ моль} =$$

$$\rho(\text{HNO}_3)_{\text{м}} = \rho \rho_{\text{М}}$$

$$(\text{AgCl}) = 0,5 \text{ моль} \cdot 142,5 \text{ г/моль} = 71,25 \text{ г}$$

У розчині після відокремлення осаду залишається нітратна кислота кількістю речовини 0,5 моль і надлишок HCl.

$$\rho(\text{HCl}) = 2,4 \text{ моль} - 0,5 \text{ моль} = 1,9$$

$$\text{моль } m(\text{HNO}_3) = 0,5 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} =$$

$$31,5 \text{ г } m(\text{HCl}) = 1,9 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль}$$

$$= 69,35 \text{ г}$$

Маса розчину після відокремлення осаду становитиме:

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{р-ну}) + m(\text{HCl}) - m(\text{AgCl})$$

$$m(\text{р-ну}) = 500 \text{ г} + 87,6 \text{ г} - 71,25 \text{ г} = 516,35 \text{ г}$$

$$W = \frac{m(\text{розч. р-ни})}{m(\text{р-ну})}$$

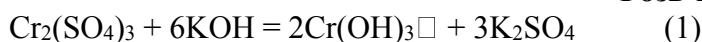
$$W(\text{HNO}_3) = \frac{31,5}{516,35} = 0,061, \text{ або } 6,1\%$$

$$W(\text{HCl}) = \frac{69,35}{516,35} = 0,1343, \text{ або } 13,43\%$$

=

**Задача 6.** Наважки сульфату хром(III) сульфату і калій гідроксиду по 39,2 г кожна розчинили у воді і піддали взаємодії. Обчисліть масу осаду, що утворився після закінчення реакції.

**Розв'язок**



$$\rho = \frac{m}{M}$$

$$\frac{m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3)}{M(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3)} = \frac{39,2 \text{ г}}{392 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

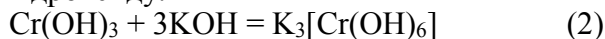


$$\square(\text{KOH}) = \frac{39,2g}{56g / \text{моль}} = 0,7 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції (1) на 1 моль  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  витрачається 0,6 моль  $\text{KOH}$ , отже,  $\text{KOH}$  у надлишку. Розрахунок ведемо за кількістю речовини хром(III) сульфату.

$$\square(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 2\square(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,2 \text{ моль}$$

Але хром(III) гідроксид проявляє амфотерні властивості і буде реагувати з надлишком калій гідроксиду.



За рівнянням реакції (1) з 0,1 моль хром(III) сульфату прореагує 0,6 моль калій гідроксиду.

$$\square\square(\text{KOH}) = 0,7 \text{ моль} - 0,6 \text{ моль} = 0,1$$

моль За рівнянням реакції (2):

$$\square_1(\text{Cr}(\text{OH})_3) = \frac{1}{3} \square\square(\text{KOH}) = \frac{1}{3} \square 0,1 \text{ моль} = 0,033 \text{ моль}$$

$$\square\square(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 0,2 \text{ моль} - 0,033 \text{ моль} = 0,167$$

$$\text{моль} \square(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 0,167 \text{ моль} \square 103 \text{ г/моль} = 17,2 \text{ г}$$

### *Лабораторна частина* *Експериментальні задачі*

#### **1. Умова Експериментальна задача №1 на виявлення вуглеводів (глюкози та фруктози) в складі фруктових соків.**

Фруктові, ягідні та овочеві соки – джерело вітамінів, глюкози, фруктози, мінеральних солей, органічних речовин і ефірних масел. Соки швидко включаються в обмін речовин і майже не вимагають від організму енергетичних витрат на їх засвоєння.

З допомогою якісних реакцій виявити в складі виноградного соку глюкозу, в складі яблучного – фруктозу.

Результат дослідження обґрунтувати за допомогою рівнянь реакцій.

#### **Хід роботи**

Для виявлення глюкози у пробірку з 1-2 мл розчину виноградного соку додати такий самий об'єм їдкого натру ( $\text{NaOH}$ ) і 1-2 краплі розчину купрум (II) сульфату ( $\text{CuSO}_4$ ). Суміш у пробірці збовтати і обережно нагріти до початку кипіння.

Спостерігаємо утворення осаду цегляно-червоного кольору, що

свідчить про наявність глюкози, яка містить альдегідну групу і виявляє альдегідні властивості:



глюкоза

глюконова кислота

Для виявлення фруктози в складі яблучного соку провести реакцію з реактивом Селіванова: до кількох кристалів резорцину ( $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ ) додати 2 краплі концентрованої хлоридної кислоти ( $\text{HCl}$ ), 1-2 мл яблучного соку і обережно нагріти до початку кипіння. Спостерігаємо появу червоного забарвлення, що вказує на наявність фруктози (плодового цукру), яка містить карбонільну групу. Отже, ми переконалися, що в складі виноградного соку міститься глюкоза, а в складі яблучного – фруктоза.

#### *Групова робота*

1. Який об'єм карбон(IV) оксиду можна добути при змішуванні розчину об'ємом 15 мл з масовою часткою натрій карбонату 7% ( $\square=1,07$  г/мл) і розчину об'ємом 8 мл з масовою часткою нітратної кислоти 16% ( $\square=1,09$  г/мл). Об'єми обчисліть за н.у.
2. До 200 г 4,9%-ного розчину фосфатної кислоти додали 50 г 6,4%-ного розчину їдкого натру. Визначте склад утворених продуктів та їх масову частку (%) в утвореному розчині.
3. Алюміній оксид масою 18 г розчинили в розчині об'ємом 60 мл з масовою часткою  $\text{NaOH}$  30% ( $\square=1,328$  г/мл). Визначте концентрацію одержаного розчину.
4. До 400 г 5,3%-ного розчину натрій карбонату додали 200 г 5,11%-ного розчину хлоридної кислоти. Визначити склад утворених продуктів та їх масові частки в утвореному розчині.

- Водний розчин, який містить 3,7 г кальцій гідроксиду, поглинув вуглекислий газ об'ємом 1,68 л (н.у.). Визначити масу осаду.
- До розчину масою 200 г з масовою часткою цинк хлориду 34% долили розчин об'ємом 116 мл з масовою часткою натрій гідроксиду 32% і густиною 1,35 г/см<sup>3</sup>. Визначте масу осаду і масові частки речовин в утвореному розчині.
- До розчину масою 25 г з масовою часткою алюміній хлориду 8% долили розчин масою 25 г з масовою часткою натрій гідроксиду 8%. Одержаний осад відфільтрували і прожарили. Визначте масу і склад утвореного продукту.
- До 15,36 г міді долили 183,75 мл розчину з масовою часткою нітратної кислоти 20% ( $\rho=1,2$  г/см<sup>3</sup>). Визначити масові частки речовин в утвореному розчині.
- При взаємодії суміші міді і цинку масою 20 г із надлишком розбавленої сульфатної кислоти виділилося 5,6 л газу (н.у.). Визначити масу міді в суміші.
- До розчину, який містить алюміній сульфат масою 68,4 г долили розчин, що містить барій нітрат масою 182,7 г. Осад відфільтрували. Визначити маси речовин, що містяться у фільтраті.

### *Індивідуальна робота*

#### **Варіань 1/14**

- Який об'єм дигідрогенсульфіду (н.у.) потрібно витратити на взаємодію з 82 см<sup>3</sup> розчину калій гідроксиду з масовою часткою луку 7,5% ( $\rho=1,045$  г/см<sup>3</sup>), щоб утворилася: а) середня сіль; б) кисла сіль?
- Обчисліть масу осаду, що утвориться при зливанні 200 мл розчину з масовою часткою барій хлориду 9,45% і густиною 1,1 г/см<sup>3</sup> та 400 мл розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 4,76% і густиною 1,03 г/см<sup>3</sup>.
- До розчину купрум(II) сульфату масою 62 г з масовою часткою CuSO<sub>4</sub> 5% долили розчин барій хлориду масою 31,2 г з масовою часткою BaCl<sub>2</sub> 20%. Осад відфільтрували. Які речовини і якої маси містяться у фільтраті? Визначити їх маси.
- Визначити, яка сіль і якої маси утвориться, якщо карбон(IV) оксид, утворений при дії надлишку ортофосфатної кислоти на магній карбонат масою 16,8 г, пропустити через 20%-ний розчин натрій гідроксиду масою 200 г.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### **Варіань 2/14**

- Який об'єм карбон(IV) оксиду виділяється при взаємодії силіцій(IV) оксиду кількістю речовини 1 моль і крейди масою 80 г, що містить 80% чистого кальцій карбонату?
- Вуглекислий газ, добутий у результаті повного згоряння 2,4 г деревного вугілля пропустили крізь 40 г 20%-ного розчину натрій гідроксиду. Визначити масу і формулу утвореної солі.
- Який об'єм вуглекислого газу виділиться при взаємодії силіцій(IV) оксиду кількістю речовини 2 моль і крейди масою 160 г, що містить 90% чистого кальцій карбонату?
- Карбон(IV) оксид, одержаний при спалюванні метану (CH<sub>4</sub>) об'ємом 0,0448 м<sup>3</sup> (н.у.), пропустили через 25%-ний розчин натрій гідроксиду об'ємом 5·10<sup>-4</sup> м<sup>3</sup> ( $\rho=1280$  кг/м<sup>3</sup>). Яка маса утвореної солі? Яка її масова частка в розчині?
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### **Варіань 3/14**

- При спалюванні 3,6 г вуглецю в посудині, що містить 4,48 л кисню (н.у.) утворилося два гази, які пропустили через 20 мл 30%-ного розчину натрій гідроксиду. Визначити склад і концентрацію одержаної солі.
- На кальцій гідроксид масою 2,96 г подіяли 200 г 9,8%-ного розчину ортофосфатної кислоти. Визначити, яка сіль утворилася і яка її маса.
- Визначити масу солі, яка утвориться при взаємодії розчину цинк хлориду масою 600 г і амоній ортофосфату масою 300 г, у яких масова частка кожної речовини становить 0,2, якщо вихід продукту реакції становить 98% від теоретично можливого.

4. Яка сіль утвориться, якщо карбон(IV) оксиду, одержаного при взаємодії надлишку ортофосфатної кислоти з магній карбонатом масою 16,8 г, пропустити через 20%-ний розчин натрій гідроксиду масою 200 ?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 4/14

1. Для одержання аміаку в лабораторії до амоній хлориду масою 20 г додали порошкоподібний кальцій гідроксид масою 20 г і суміш нагріли. Визначити, який об'єм аміаку (н.у.) виділився, якщо 3% його витрачаються.
2. Змішали 150 г 5,00%-ного розчину калій дигідрофосфату і 5,00 г 20,0%-ного розчину калій гідроксиду. Обчисліть масові частки речовин в утвореному розчині.
3. Яка маса осаду утвориться, якщо пропустити оксид вуглецю (IV) об'ємом 218 мл (н.у.) крізь розчин масою 20 г з масовою часткою гідроксиду барію 0,12?
4. Через 200 г розчину дигідрофосфату амонію з масовою часткою солі 23% пропущено газ, який одержали взаємодією 10,7 г хлориду амонію з надлишком гідроксиду калію. Які речовини і якої маси залишаться в розчині після його випарювання при помірній температурі?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 5/14

1. Крізь 500 г 17%-ного розчину нітрату срібла пропустили газ, що утворився при дії концентрованої сірчаної кислоти ( $V=200$  мл,  $W = 98\%$ ,  $\rho=1,21$ ) на безводний хлорид магнію масою 114 г. Визначити процентну концентрацію сполук, що залишились у розчині після відокремлення осаду.
2. Сировина для алюмотермічного добування хрому крім оксиду хрому (III) містить різні домішки, масова частка яких дорівнює 20%. До такої сировини масою 38 г добавили технічний алюміній масою 10 г і здійснили реакцію відновлення. Яка маса хрому утворилася, якщо масова частка алюмінію в технічному металі становить 97,25%?
3. До розчину, в якому міститься алюміній нітрат масою 42,6 г, додали розчин, що містить натрій карбонат масою 37,2 г. Осад прожарили. Визначте масу залишку після прожарювання.
4. До водного розчину цинк нітрату масою 200 г з масовою часткою розчиненої речовини 18,9% додали 250 г водного розчину натрій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 7,2%. Визначити масу утвореного осаду.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 6/14

1. Хлороводень, добутий із зразка технічного натрій хлориду масою 12 г, використали для добування концентрованої хлоридної кислоти. Вся добута кислота вступила в реакцію з манган(IV) оксидом. При цьому утворився газ об'ємом 1,12 л (н.у.). Визначте масову частку натрій хлориду у вихідному зразку.
2. Хром(VI) оксид масою 5 г вступив у реакцію з амоніаком об'ємом 2,24 л (н.у.). Добутий твердий продукт сплавив з надлишком натрій гідроксиду, а потім подіяли на реакційну суміш надлишком розчину сульфатної кислоти. Яку масу кристалогідрату  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  можна виділити з добутого розчину?
3. До водного розчину, який містить хром(III) хлорид масою 3,17 г, додали розчин, що містить калій сульфід масою 3,85 г. Яка речовина випаде в осад? Визначте масу осаду.
4. До водного розчину хром(III) хлориду масою 200 г з масовою часткою розчиненої речовини 23,775% додали 150 г водного розчину натрій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 20%. Визначити масу утвореного осаду.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 7/14

1. Залізо масою 14 г сплавляли з сіркою масою 4,8 г. До добутої суміші речовин добавили надлишок хлоридної кислоти. Які гази при цьому утворюються? Визначте об'єми цих газів, виміряні за нормальних умов.
2. До розчину, що містить алюміній хлорид масою 32 г, додали розчин, що містить калій сульфід, масою 33 г. Який осад утвориться? Визначте масу осаду.
3. У воді розчинили алюмінієві галуни  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  масою 23,7 г, добавили розчин об'ємом 24,6 мл з масовою часткою натрій гідроксиду 20% і густиною 1,22 г/мл. Які сполуки алюмінію утворюються? Визначте їх масу.
4. Залізо масою 12,2 г сплавляли з сіркою масою 6,4 г. До добутого продукту добавили надлишок хлоридної кислоти. Газ, що виділився, пропустили крізь розчин масою 200 г з масовою часткою купрум(II) хлориду 15%. Яка маса осаду утворилася?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 8/14

1. При нагріванні суміші кальцій оксиду масою 19,6 г з коксом масою 20 г добули кальцій карбід масою 16 г. Визначте вихід кальцій карбїду, якщо масова частка вуглецю у коксі становить 90%.
2. Яка сіль утвориться при пропусканні всього карбон(IV) оксиду, що утворився при спалюванні метану об'ємом 2,24 л (н.у.), крізь розчин об'ємом 19,1 мл з масовою часткою натрій гідроксиду 32% і густиною 1,35 г/мл? Визначте масову частку солі в добутому розчині.
3. Суміш карбон(IV) оксиду й азоту займає за нормальних умов об'єм 4,032 л. Масові частки газів у ній однакові. Яка сіль утворюється під час пропускання цієї суміші об'ємом 2 л крізь розчин масою 20 г з масовою часткою натрій гідроксиду 28%?
4. До водного розчину цинк хлориду масою 250 г з масовою часткою розчиненої речовини 13,6% додали 200 г водного розчину натрій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 11%. Визначити масу утвореного осаду.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 9/14

1. Злили два розчини – розчин нітратної кислоти, об'єм якого 300 мл і молярна концентрація еквівалентів  $HNO_3$  0,48 моль/л, і розчин барій гідроксиду, об'єм якого 350 мл і молярна концентрація еквівалентів  $Ba(OH)_2$  0,24 моль/л. Яке середовище – кисле чи лужне – буде мати розчин, що отримали?
2. До водного розчину хром(III) хлориду масою 200 г з масовою часткою розчиненої речовини 15,85% додали 200 г водного розчину натрій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 13%. Визначити масу утвореного осаду.
3. До водного розчину алюміній(III) хлориду масою 500 г з масовою часткою розчиненої речовини 5,34% додали 200 г водного розчину калій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 13%. Визначити масу утвореного осаду.
4. До розчину, в якому міститься алюміній нітрат масою 42,6 г, додали розчин, що містить натрій карбонат масою 37,2 г. Осад прожарили. Визначте масу залишку після прожарювання.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіань 10/14

1. До водного розчину цинк хлориду масою 200 г з масовою часткою розчиненої речовини 30,6% додали 200 г водного розчину натрій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 19%. Визначити масу утвореного осаду.
2. Зразок ферум(II) сульфїду обробили надлишком хлоридної кислоти. Газ, що утворився, прореагував з 26,25 мл розчину калій гідроксиду, в якому масова частка  $KOH$  становить 25% ( $\rho = 1,28$  г/мл). При цьому утворилася кисла сіль. Яка маса зразка ферум(II) сульфїду була взята, якщо в ньому 5% домішок?

3. До сульфатної кислоти масою 200 г з масовою часткою 51,7% додали олеум масою 40 г з масовою часткою  $\text{SO}_3$  40%. Яку масу барій хлориду необхідно взяти осадження всіх сульфат-іонів?
4. Який об'єм сульфур(IV) оксиду (н.у.) утвориться, якщо натрій сульфат(IV) масою 26 г помістити у хлоридну кислоту масою 150 г з масовою часткою гідроген хлориду 15%?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### *Варіативна складова*

##### *Творчі завдання*

1. У одній з пісень рок-групи ДДТ є слова: "Медный Петр добывает стране купорос". Автори мають на увазі знамениту статую "Мідний вершник" – пам'ятник Петрові I у Санкт-Петербурзі. Прокоментуйте цю фразу з погляду хіміка.
2. Цитата з підручника для середньої загальноосвітньої школи (автори Н.Н.Буринська і Л.П.Величко): "Тому аміачна вода пахне аміаком. Її умовно позначають формулою  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  і називають гідроксидом амонію, або нашатирним спиртом."
  - Перелічіть часточки (які мають заряд і не мають заряду), що можуть бути присутні у водному розчині аміаку.
  - Вкажіть типи зв'язків, за рахунок яких вони утворюються.
3. До складу суміші для хімічного нікелювання сталевих виробів входить сульфат нікелю, ацетат (або цитрат) натрію і речовина А.  
Речовину А, до складу якої входить елемент X, одержують нагріванням найбільш активної з простих речовин, утворених елементом X, із розчином гідроксиду натрію. При цьому утворюється тільки два продукти: А і летка воднева сполука елемента X – речовина Б, у молярному співвідношенні  $\text{A/B} = 3/1$ . Речовина А містить 26,14% Na, 36,36% O і 2,27% H .
  - Запишіть реакцію одержання речовини А і реакцію, що лежить в основі процесу нікелювання (елемент X окисляється в цьому процесі не до максимуму).
  - Опишіть структуру аніона, що входить до складу А.
  - Яка роль ацетату (або цитрату) натрію в процесі нікелювання?
4. Маючи у своєму розпорядженні тільки воду, крейду і кухонну сіль отримайте не менше 10 різноманітних складних неорганічних речовин у чистому вигляді (вибір процесів необмежений).
5. Прожарили 74,8 г суміші кальцій гідроксиду і кальцій карбонату. Газоподібні (за нормальних умов) продукти поглинули мінімальною кількістю (160 г) розчину натрій гідроксиду. Масова частка продукту реакції в отриманому розчині склала 27,04%. Визначите склад вихідної суміші і масову частку натрій гідроксиду в розчині, використаному для поглинання газу.

#### **Рекомендована література**

##### **Основна**

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

##### **Додаткова**

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

#### **Тема 15. Розв'язування задач з використанням закону об'ємних відношень газів**

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати розрахункові задачі з використанням закону об'ємних відношень.

### Семінарська частина

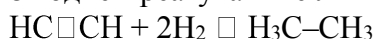
1. Задачі на знаходження об'ємів реагентів та продуктів реакції за відомим об'ємом одного з реагентів чи продуктів реакції.
2. Розрахунки вихідних об'ємів реагентів, якщо внаслідок хімічної реакції відбулася зміна об'єму вихідної системи.
3. Методика розв'язування задач, згідно умов яких один із компонентів не взаємодіє з запропонованим реагентом.
4. Методика розв'язування задач, згідно умов яких обидва компоненти взаємодіють із запропонованим реагентом.

### Зразки розв'язків

**Задача 1.** До суміші 2 л метану й ацетилену добавлено 2 л водню. Після того, як уся суміш була пропущена над нагрітим платиновим каталізатором, її об'єм зменшився до 3,2 л, а продукти реакції не містили ненасичених вуглеводнів. Визначити об'ємні частки вуглеводнів у вихідній суміші якщо всі об'єми газів виміряні за однакових умов.

### Розв'язок

З воднем реагуватиме лише ацетилен.



Нехай об'єм водню, який вступив у реакцію становить  $x$  л. Об'єми газів відносяться як кількості їх речовин, тоді об'єм ацетилену в 2 рази менший від об'єму водню і становить  $0,5x$  л. Об'єм етану теж становить  $0,5x$  л.

$$0,5x + x - 0,5x = 2 \text{ л} + 2 \text{ л} - 3,2 \text{ л}$$

$$x = 0,8 \text{ л}$$

Об'єм ацетилену у вихідній суміші становив 0,4 л. Тоді об'єм метану був рівним:

$$2 \text{ л} - 0,4 \text{ л} = 1,6 \text{ л}$$

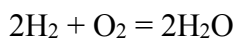
$$\varphi = \frac{V(\text{речовини})}{V(\text{суміші})}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ або } 80\%$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{0,4 \text{ л}}{2 \text{ л}} = 0,2 \text{ або } 20\%$$

**Задача 2.** Спалили 42 мл суміші кисню і водню. Після реакції залишилося 6 мл кисню, що не прореагував. Визначте об'ємну частку кисню у вихідній суміші, якщо всі об'єми газів виміряні за однакових умов.

### Розв'язок



Визначимо сумарний об'єм кисню і водню, які прореагували.

$$V(\text{H}_2) + V_1(\text{O}_2) = 42 \text{ мл} - 6 \text{ мл} = 36 \text{ мл}$$

Водень і кисень реагують у співвідношенні 2 : 1 (за рівнянням реакції)

Тоді:

$$V(\text{H}_2) = \frac{36 \text{ мл}}{3} \cdot 2 = 24 \text{ мл}$$

Об'єм кисню, що прореагував, у 2 рази менший від об'єму водню і становить 12 мл. Загальний об'єм кисню у вихідній суміші рівний:

$$V(\text{O}_2) = 12 \text{ мл} + 6 \text{ мл} = 18 \text{ мл.}$$

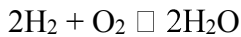
$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{суміші})}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{18 \text{ мл}}{42 \text{ мл}} = 0,4286, \text{ або } 43,86\%$$

**Задача 3.** До 120 мл суміші водню і азоту (н.у.) додали 150 мл кисню і підпалили. Після закінчення реакції і приведення газів до початкових умов їх об'єм становив 225 мл. Визначте об'ємні частки газів у вихідній суміші.

#### Розв'язок

Азот за звичайних умов з киснем і воднем не реагує.



Нехай об'єм кисню, що вступив у реакцію:  $V(\text{O}_2) = x$

Тоді  $V(\text{H}_2) = 2x$

Якщо продукти реакції привели до початкових умов, то вода – рідина. Отже:

$$2x + x = (120 + 150) - 225 = 45$$

$$x = 15$$

Кисень у надлишку. Отже, весь водень прореагував.

$$V(\text{H}_2) = 2 \cdot 15 = 30 \text{ мл}$$

$$V(\text{N}_2) = 120 - 30 = 90 \text{ мл}$$

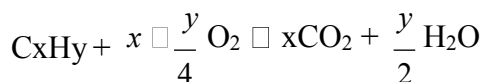
$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{30}{120} = 0,25 \text{ або } 25\%$$

$$= \frac{90}{120} = 0,75 \text{ або } 75\%$$

$$\varphi(\text{N}_2) =$$

**Задача 4.** До 400 мл суміші деякого вуглеводню з азотом додали 900 мл (надлишок) кисню і підпалили. Об'єм одержаної після згоряння суміші становив 1,4 л, а після конденсації парів води скоротився до 800 мл. Нове скорочення об'єму до 400 мл спостерігалось в результаті пропускання газів через розчин калій гідроксиду. Об'єми вимірювалися за однакових умов. Установіть формулу вуглеводню.

#### Розв'язок



$$V(\text{H}_2\text{O}) = 1400 - 800 = 600 \text{ мл}$$

Розчином калій гідроксиду поглинувся вуглекислий газ:

$$V(\text{CO}_2) = 800 - 400 = 400 \text{ мл}$$

Залишилося 400 мл азоту та кисню, який не прореагував.

$$x = 400; \frac{y}{2} = 600; x \cdot \frac{y}{4} = 700$$

Тоді об'єм кисню, який не прореагував:

$$V(\text{O}_2) = 900 - 700 = 200 \text{ мл}$$

Тоді у вихідній суміші вуглеводню було:

$$V(\text{C}_x\text{H}_y) = 400 - 200 = 200 \text{ мл}$$

Об'єми газів відносяться як кількості їх речовини.

$$\varphi(\text{C}_x\text{H}_y) : \varphi(\text{CO}_2) : \varphi(\text{H}_2\text{O}) = 200 : 400 : 600 = 2 : 4 : 6 = 1 : 2 : 3$$

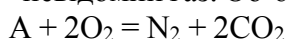
$$\varphi(\text{C}) : \varphi(\text{H}) = 2 : 6$$

$\text{C}_2\text{H}_6$  – етан

**Задача 5.** Для повного спалювання 1 л невідомого газу знадобилось 2 л кисню. У результаті реакції виділилось 1 л азоту та 2 л вуглекислого газу. Знайдіть формулу спаленої речовини.

#### Розв'язок

A – невідомий газ. Об'єми газів відносяться як кількості їх речовини:



Отже, до складу газу **A** входили елементи Нітроген і Карбон. Враховуючи кількості атомів Нітрогену і Карбону після реакції та той факт, що в реакцію вступив 1 моль речовини **A**, виводимо формулу газу **A** –  $C_2N_2$ .

$N \equiv C - C \equiv N$  – диціан.

**Задача 7.** Обчисліть вміст метану в суміші з киснем, якщо відомо, що 36 мл газової суміші після спалювання метану зменшилась в об'ємі на 1,8 мл. Вважати, що пара води сконденсувалася повністю.

#### Розв'язок

$$\begin{aligned} x \text{ мл} \quad 2x \quad x \\ CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O \\ x + 2x - x = 1,8 \\ 2x = 1,8 \\ x = 0,9 \\ \frac{V_p}{V_{\text{сум}}} = \frac{0,9}{36} = 0,025, \text{ або } 2,5\% \end{aligned}$$

**Задача 8.** Пропускаючи через надлишок розжареного вуглецю кисень, одержали 232 л газоподібних продуктів, виміряних при  $t=800^\circ C$  і  $p=101,3$  кПа. Густина одержаної суміші за воднем становила 17,2. Обчисліть об'єм кисню, що вступив у реакцію і склад (в % за об'ємом) утворених газів.

#### Розв'язок



Оскільки об'єм одержаних газоподібних продуктів виміряний при  $t=800^\circ C$  і  $p=101,3$  кПа, визначимо, який об'єм вони займатимуть за нормальних умов.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{101,3 \cdot 232 \cdot 273}{101,3 \cdot 1073} = 59,027 \text{ л}$$

$$M_r(\text{сум.}) = D_{H_2} \cdot M_r(H_2) = 17,2 \cdot 2 = 34,4$$

$$M_r(\text{сум.}) = \nu_1 \cdot M_{r1} + \nu_2 \cdot M_{r2}; \quad \nu(CO_2) = x, \quad \nu(CO) = (1-x)$$

$$34,4 = 44x + 28(1-x)$$

$$6,4 = 16x; \quad x = 0,4. \quad \nu(CO_2) = 0,4, \quad \nu(CO) = 0,6$$

Для газів  $\rho = \frac{m}{V}$ . Отже,  $\rho(CO_2) = 40\%$ ,  $\rho(CO) = 60\%$

$$V(CO_2) = \nu \cdot V(\text{сум.}) = 0,4 \cdot 59,027 = 23,611 \text{ л}$$

$$V(CO) = 0,6 \cdot 59,027 = 35,416 \text{ л}$$

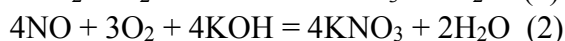
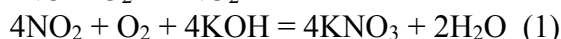
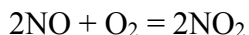
$$\text{За рівнянням (2)} \quad \nu_2(CO_2) = \frac{1}{2} \nu(CO) = 17,708 \text{ л}$$

$$V(CO_2) = 23,611 + 17,708 = 41,319 \text{ л}$$

$$\text{За рівнянням (1)} \quad V(O_2) = V(CO_2) = 41,319 \text{ л}$$

**Задача 9.** Суміш оксидів нітрогену(II) і (IV) об'ємом 5,6 л (н.у.) змішали з 2 л кисню. Потім газу пропустили через розчин, що містив 30 г калій гідроксиду. Аналіз газу (0,5 л при н.у.), що пройшов через розчин, показав, що це кисень. Визначити склад вихідної газової суміші в об'ємних процентах і обчисліть масові частки речовин у розчині (кінцева маса розчину 1 кг).

#### Розв'язок



$$V(NO_2) = x; \quad V_1(O_2) = 0,25x$$

$$V(NO) = y; \quad V_2(O_2) = 0,75y$$

$$V(O_2) = 2 - 1,5 = 0,5 \text{ л}$$



$$\begin{cases} x + y = 5,6 \\ 0,25x + 0,75y = 0,5 \\ 0,75x + 0,75y = 4,2 \\ 0,25x + 0,75y = 0,5 \end{cases}$$

$$0,5x = 2,7; \quad x = 5,4; \quad y = 0,2$$

$$\omega(\text{NO}_2) = \frac{5,4}{5,6} = 0,964 = 96,4\%$$

$$\omega(\text{NO}) = \frac{0,2}{5,6} = 0,036 = 3,6\%$$

$$\omega(\text{KNO}_3) = \omega(\text{NO}) + \omega(\text{NO}_2) \cdot \frac{5,6}{22,4} = 0,25$$

$$= m(\text{KNO}_3) = 0,25 \cdot 101 =$$

25,25 г

$$W(\text{KNO}_3) = \frac{25,25}{1000} = 0,02525 = 2,525\%$$

**Задача 10.** Об'єм суміші карбон(II) оксиду з киснем становила 250 мл (н.у.). Після окиснення всього оксиду об'єм суміші виявився рівним 180 мл (н.у.). Одержану газову суміш пропустили в розчин, що містить 0,25 г натрій гідроксиду. Визначити склад (у % за об'ємом) вихідної суміші. Яка речовина утворилася в розчині після поглинання продуктів реакції? Відповідь підтвердити розрахунками.

#### Розв'язок

$$2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$$

$$V_1(\text{O}_2) = 250 - 180 = 70$$

$$V(\text{CO}) = 2V(\text{O}_2) = 140$$

$$V(\text{O}_2) = 250 - 140 = 110$$

$$\omega(\text{CO}) = \frac{140}{250} = 0,56$$

$$= \frac{110}{250} = 0,44$$

$$\omega(\text{O}_2) = \frac{250}{250} = 1$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{0,140}{22,4} = 0,00625$$

$$= \frac{0,25}{40} = 0,00625$$

$$\omega(\text{CO}_2) : \omega(\text{NaOH}) = 1 :$$

$$1\text{CO}_2 + \text{NaOH} =$$

$$\text{NaHCO}_3$$

**Задача 11.** У замкнутій посудині змішали водень, кисень і хлор. Густина отриманої газової суміші за азотом становила 0,4625. Відомо, що в суміші міститься в 14 раз більше водню, ніж хлору за об'ємом. Суміш газів зірвали і охолодили. Визначте масову частку кислоти в розчині, який виявили в посудині.

#### Розв'язання

Позначимо об'ємну частку ( $\omega$ ) хлору через  $x$ . Тоді:  $\omega(\text{Cl}_2) = x$ ,  $\omega(\text{H}_2) = 14x$ ,  $\omega(\text{O}_2) = 1 - 15x$ .  
Середня молекулярна маса суміші:  
 $M(\text{суміші}) = D \omega(\text{N}_2) = 0,4625 \cdot 28 = 12,95$  г/моль.

Оскільки для газів об'ємна частка дорівнює мольній частці речовини, то:

$$Mr(\text{сум.}) = \nu(\text{Cl}_2) \cdot Mr(\text{Cl}_2) + \nu(\text{H}_2) \cdot Mr(\text{Cl}_2) + \nu(\text{O}_2) \cdot Mr(\text{O}_2) = 71x + 28x + 32(1 - 15x)$$

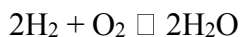
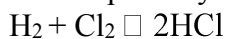
Розв'язавши рівняння одержуємо:  $x = 0,05$ , звідси:

$$\square(\text{Cl}_2) = 0,05, \square(\text{H}_2) = 0,70, \square(\text{O}_2) = 0,25.$$

Нехай кількість газів початкової суміші рівно 1 моль (задача може бути вирішена і в загальному вигляді без цього припущення), тоді:

$$\square(\text{Cl}_2) = 0,05 \text{ моль}, \square(\text{H}_2) = 0,70 \text{ моль}, \square(\text{O}_2) = 0,25$$

моль. При вибуху проходять наступні реакції:



На взаємодію з указаними кількостями хлору і кисню потрібно 0,55 моль водню, значить  $\text{H}_2$  – у надлишку, а обидва інших реагенти – у недостатчі. Тоді:

$$\square(\text{HCl}) = 2 \square 0,05 = 0,1 \text{ моль}, m(\text{HCl}) = 0,1 \square 36,5 = 3,65 \text{ г.}$$

$$\square(\text{H}_2\text{O}) = 2 \square 0,25 = 0,5 \text{ моль}, m(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \square 18 = 9,00 \text{ г.}$$

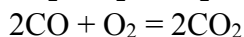
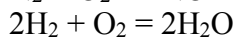
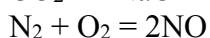
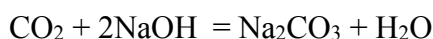
Маса розчину, що утворюється при розчиненні  $\text{HCl}$ :

$$m(\text{р-ну}) = 3,65 + 9,00 = 12,65 \text{ г.}$$

$$W(\text{HCl}) = 3,65/12,65 = 0,29 \text{ (29\%)}$$

**Здача 12.** 20 мл водяного газу (суміш  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  і  $\text{N}_2$ ) пропустили крізь розчин лугу. 19,2 мл газу, які залишилися, змішали в евдіометрі з 25 мл кисню і провели вибух. Після того, як в евдіометрі газова суміш набула попередньої температури і тиску, об'єм її дорівнював 25,2 мл. Потім утворену газову суміш знову пропустили крізь розчин лугу, від чого її об'єм зменшився на 8 мл. Обчислити процентний вміст газів за об'ємом.

#### Розв'язок



$$V(\text{CO}_2) = 20 - 19,2 = 0,8 \text{ мл}; \square(\text{CO}_2) = \frac{0,8}{20} = 0,04$$

$$V(\text{CO}) = V_1(\text{CO}_2) = 8 \text{ мл}; \square(\text{CO}) = \frac{8}{20} = 0,4$$

$$= V_1(\text{O}_2) = 4 \text{ мл}$$

$$\square V = 19,2 + 25 - 25,2 = 19 \text{ мл}$$

$$V(\text{H}_2) + V_2(\text{O}_2) = 19 - 4 = 15 \text{ мл}$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{15}{2} \square 2 = 10 \text{ мл}; \square(\text{H}_2) = \frac{10}{20} = 0,5$$

$$V(\text{N}_2) = 20 - (0,8 + 8 + 10) = 1,2 \text{ л}; \square(\text{N}_2) = \frac{1,2}{20} = 0,06$$

#### Групова робота

1. Які об'єми азоту та водню необхідно взяти, щоб утворилося 224 л амоніаку? Об'єми газів виміряні за однакових умов.
2. З азоту об'ємом 67,2 л і водню об'ємом 224 л утворився аміак (об'єми газів виміряні за нормальних умов). Використавши цей аміак, добули розчин об'ємом 400 мл з масовою часткою нітратної кислоти 40% і густиною 1,25 г/мл. Визначити вихід продукту реакції.
3. Суміш азоту з воднем пропустили над нагрітим катализатором. Після реакції об'єм суміші зменшився на 14 л. Обчисліть об'єми азоту та водню, що прореагували. Об'єми газів виміряні за однакових умов.
4. Обчислити об'єм кисню, необхідний для спалювання амоніаку об'ємом 25 м<sup>3</sup>. Об'єми газів виміряні за однакових умов.
5. Обчислити який об'єм азоту слід узяти для добування 24 м<sup>3</sup> амоніаку, практичний вихід якого складає 14% за об'ємом від теоретично можливого.

6. Суміш азоту, нітроген(I) оксиду та нітроген(II) оксиду об'ємом 264 мл пропустили через воду об'ємом 2 л. До 150 мл газів, які не поглинулися водою, добавили 48 мл кисню, після чого об'єм газів склав 165 мл. Усі виміри проводилися за однакових умов. Обчисліть об'ємну частку нітроген(I) оксиду у вихідній суміші (у %).
7. З азоту об'ємом 50 м<sup>3</sup> одержали амоніак об'ємом 15 м<sup>3</sup> (об'єми газів виміряні за однакових умов). Визначити вихід амоніаку від теоретично можливого.
8. Суміш складається з карбон монооксиду і карбон діоксиду об'ємом 150 мл. Цю суміш спалили в надлишку кисню. Об'єм газової суміші зменшився на 45 мл. Розрахуйте об'ємні частки компонентів вихідної суміші. Всі об'єми приведені до однакових умов.
9. Суміш водню з хлором в об'ємному відношенні 3 : 2 по містили в закриту скляну посудину над водою і поруч спалили стрічку магнію. Як зміниться тиск у посудині, якщо відомо, що при цьому прореагувало 50 % хлору? Розчинністю хлору і водню у воді можна знехтувати.
10. Посудину певного об'єму заповнили повітрям масою 145 г, після чого в ньому спалили 6,2 г фосфору, а потім температуру привели до вихідної. Як відноситься тиск у посудині після реакції до тиску до реакції? Об'ємом твердого продукту можна знехтувати.
11. Спалили 50 мл суміші бутану C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> з киснем (кисень узятий у надлишку). Після закінчення реакції і приведення газів до початкових умов об'єм суміші зменшився на 17,5 мл. Розрахуй те об'ємні частки компонентів вихідної й отриманої сумішей після реакції газових сумішей. Об'єми газів виміряні при 25° С і 1,013·10<sup>5</sup> Па.
12. До суміші азоту з метаном об'ємом 100 мл додали 100 мл кисню (кисень узятий у надлишку) і підпалили. Після закінчення реакції і конденсації парів води об'єм газів склав 120 мл. Об'єми газів виміряні за однакових умов. Визначте об'єм азоту у вихідній суміші.
13. При спалюванні 134,4 л суміші метану, карбон монооксиду і етану отримали 179,2 л карбон діоксиду. Об'єми виміряні за н. у. Визначте об'єм етану в газовій суміші.
14. Газова суміш, що складається з водню, метану і карбон монооксиду, має густину 0,857 г/л за н. у. Для повного спалювання 1 л суміші потрібно 4,52 л повітря. Визначте об'ємні частки компонентів суміші.
15. Суміш карбон монооксиду з киснем займає об'єм 1,1 л (н. у.). Після згоряння усього карбон монооксиду газову суміш пропустили через розчин натрій гідроксиду, маса якого збільшилася на 1,375 г. Визначте склад вихідної суміші газів.
16. Суміш, що складається з 2,8 л азоту і 5,6 л водню, пропустили над каталізатором. Для поглинання аміаку, що утворився, необхідні 22,6 мл розчину нітратної кислоти густиною 1,09 г/мл і масовою часткою HNO<sub>3</sub> 16 %. Обчисліть об'ємні частки компонентів газової суміші після пропускання її над каталізатором (н. у.).
17. У закритій посудині змішали нітроген (II) оксид з надлишком кисню. Після закінчення реакції тиск у посудині зменшився в 1,25 разів. Визначте склад вихідної й отриманої газових сумішей.

*Лабораторна частина*  
*Експериментальні задачі*

1. У шести пробірках без етикеток містяться такі речовини: калій гідроксид, барій хлорид, фосфор(V) оксид, барій оксид та силіцій(IV) оксид. Визначте вміст кожної пробірки, використовуючи воду, сульфатну кислоту і розчин лакмусу. Опишіть хід виконання роботи і складіть рівняння реакцій.

2. **Умова:** Виконайте експеримент — дослідіть якісний склад суміші цинку, міді і заліза. Для досліду візьміть суміш і обробіть її надлишком концентрованого розчину натрій гідроксиду, повинен виділитись газ, а маса нерозчинного залишку повинен бути в 2 рази меншим від маси вихідної суміші. Потім у цю реакційну суміш додайте надлишок розчину соляної кислоти. Об'єм газу, який виділився при цьому, виявиться рівним об'єму газу, який отримали в першому випадку. Розрахуйте масові частки металів у вихідній суміші.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, склянки, скляна паличка, мірний циліндр, терези, різноважки; суміш порошоків цинку, міді і заліза, концентрований розчин натрій гідроксиду, розчин соляної кислоти, дистильована вода.

## Індивідуальна робота

### Варіант 1/15

1. Суміш газів, що містила амоніак, після того, як вона була пропущена крізь розбавлений розчин сульфатної кислоти, займала 776 мл (н.у.). Знаючи, що при цьому на утворення амоній сульфату було витрачено 100 мл розчину, який містить в 1 л 4,9 г кислоти, знайдіть відсоток (за об'ємом) амоніаку в цій суміші.
2. Суміш азоту, нітроген(I) оксиду та нітроген(II) оксиду об'ємом 264 мл пропустили через воду об'ємом 2 л. До 150 мл газів, які не поглинулися водою, добавили 48 мл кисню, після чого об'єм газів склав 165 мл. Усі виміри проводилися за однакових умов. Обчисліть об'ємну частку нітроген(I) оксиду у вихідній суміші (у %).
3. Для повного спалювання 1 л невідомого газу знадобилось 2 л кисню. У результаті реакції виділилось 1 л азоту та 2 л вуглекислого газу. Знайдіть формулу спаленої речовини.
4. У результаті реакції між воднем і киснем у суміші цих газів об'ємом 42 мл об'єм суміші зменшився до 30 мл. Обчисліть об'єми газів у вихідній суміші, якщо після реакції вода знаходилась у пароподібному стані, а всі об'єми виміряні за однакових умов.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

### Варіант 2/15

1. Обчислити об'єм повітря, який необхідний для спалювання 1 м<sup>3</sup> суміші газів: 95% метану (CH<sub>4</sub>), 3% азоту, 1% етану (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) і 1% карбон(IV) оксиду.
2. Азотно-водневу суміш об'ємом 100 мл піддали синтезу на платиновому каталізаторі. Після реакції об'єм суміші зменшився на 40 мл. Обчисліть вміст азоту в суміші, якщо відомо, що водень прореагував повністю, а всі об'єми виміряні за однакових умов.
3. Суміш оксиду вуглецю (IV), оксиду вуглецю (II) і кисню займала об'єм 50 мл (н.у.). Після спалювання і приведення до нормальних умов суміш не містила кисню і оксиду вуглецю (II), а її об'єм дорівнював 42 мл. Знайдіть об'ємну частку оксиду вуглецю (IV) у вихідній суміші.
4. Пропускаючи через надлишок розжареного вуглецю кисень, одержали 232 л газоподібних продуктів, виміряних при  $t = 800^{\circ}\text{C}$  і  $p = 101,3$  кПа. Густина одержаної суміші за воднем становила 17,2. Обчисліть об'єм кисню, що вступив у реакцію і склад (в % за об'ємом) утворених газів.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

### Варіант 3/15

1. До 5 л суміші вуглеводню (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) й карбон(IV) оксиду додали 16 л кисню (н.у.) і суміш підпалили. Після реакції об'єм суміші складав 24 л, а після конденсації води – в два рази менше. Після цього її пропустили через розчин лугу і об'єм зменшився до 1 л. Визначте формулу вуглеводню.
2. Суміш газів, що містила амоніак, після того, як вона була пропущена крізь розбавлений розчин сульфатної кислоти, займала 776 мл (н.у.). Знаючи, що при цьому на утворення амоній сульфату було витрачено 100 мл розчину, який містить в 1 л 4,9 г кислоти, знайдіть відсоток (за об'ємом) амоніаку в цій суміші.
3. Суміш азоту, нітроген(I) оксиду та нітроген(II) оксиду об'ємом 264 мл пропустили через воду об'ємом 2 л. До 150 мл газів, які не поглинулися водою, добавили 48 мл кисню, після чого об'єм газів склав 165 мл. Усі виміри проводилися за однакових умов. Обчисліть об'ємну частку нітроген(I) оксиду у вихідній суміші (у %).
4. Суміш метану та етилену із середньою молекулярною масою 22 піддали неповному гідруванню, після чого її густина за воднем становила 11,25. Знайдіть об'ємну частку етилену, що прореагував.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

### Варіант 4/15

1. Чи однакова маса 1 м<sup>3</sup> сухого та вологого повітря? Якщо ні, то поясніть чому.
2. Визначити об'єм озонованого кисню із вмістом 25% озону, потрібного для спалювання 90 дм<sup>3</sup>

- суміші карбон (II) оксиду і водню, густина за воднем дорівнює 11,1.
- Суміш азоту, нітроген(I) оксиду та нітроген(II) оксиду об'ємом 264 мл пропустили через воду об'ємом 2 л. До 150 мл газів, які не поглинулися водою, добавили 48 мл кисню, після чого об'єм газів склав 165 мл. Усі виміри проводилися за однакових умов. Обчисліть об'ємну частку нітроген(I) оксиду у вихідній суміші (у %).
  - Обчислити об'єм повітря, який необхідний для спалювання 1 м<sup>3</sup> суміші газів: 95% метану (CH<sub>4</sub>), 3% азоту, 1% етану (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) і 1% карбон(IV) оксиду
  - Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 5/15

- Визначити густину за воднем газової суміші, що складається з аргону об'ємом 56 л і азоту об'ємом 28 л. Об'єми газів приведені до нормальних умов.
- Азотно-водневу суміш об'ємом 100 мл піддали синтезу на платиновому каталізаторі. Після реакції об'єм суміші зменшився на 40 мл. Обчисліть вміст азоту в суміші, якщо відомо, що водень прореагував повністю, а всі об'єми виміряні за однакових умов.
- Суміш оксиду вуглецю (IV), оксиду вуглецю (II) і кисню займала об'єм 50 мл (н.у.). Після спалювання і приведення до нормальних умов суміш не містила кисню і оксиду вуглецю (II), а її об'єм дорівнював 42 мл. Знайдіть об'ємну частку оксиду вуглецю (IV) у вихідній суміші.
- Які об'єми азоту та водню прореагували, якщо в результаті реакції після приведення до попередніх умов об'єм суміші зменшився на 60 л?
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 6/15

- У скільки разів збільшується об'єм води при переході її з рідкого в газоподібний стан (н.у.)?
- Для повного спалювання 1 л невідомого газу знадобилось 2 л кисню. У результаті реакції виділилось 1 л азоту та 2 л вуглекислого газу. Знайдіть формулу спаленої речовини.
- Суміш однакових об'ємів водню та азоту пропустили через контактний апарат. Визначте об'ємні частки газів у суміші, що вийшла з контактного апарату, якщо об'ємна частка виходу амоніаку дорівнює 75%.
- Визначити відносну густину за воднем газової суміші, яка складається з рівних об'ємів водню та гелію.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 7/15

- Для повного згоряння етану (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) з етенем (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) об'ємом 30 л потрібно 100 л кисню. Знайдіть об'єми газів у вихідній суміші.
- Після вибуху 200 мл суміші водню та кисню і приведення її до нормальних умов залишилось ще 20 мл газу, що підтримує горіння. Визначити об'ємні частки газів у складі вихідної суміші. Усі об'єми виміряні за нормальних умов.
- Визначте об'єм повітря, необхідний для спалювання 20,0 л суміші чадного газу та водню (н.у.). Густина за амоніаком цієї суміші становить 1,2.
- Знайдіть масу 200 мл (н.у.) суміші, що містить водень, карбон(II) оксид та карбон(IV) оксид, об'єми яких співвідносяться відповідно як 1:3:4.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 8/15

- При спалюванні 10 л газової суміші, що складається з пропану (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) та бутану (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) утворилося 38 л карбон(IV) оксиду (всі виміри зроблені за однакових умов). Визначити об'єми газів у вихідній суміші.
- За певних умов прореагувало 210 мл азоту з повітрям, у результаті цієї взаємодії утворився нітроген(II) оксид. Знайдіть об'єм повітря необхідний для повного згоряння азоту. Після вибуху 200 мл суміші водню і кисню і приведення її до нормальних умов залишилося ще 20 мл газу, що підтримує горіння. Знайдіть об'ємні частки газів у складі вихідної суміші. Всі об'єми виміряні

за однакових умов.

- Суміш водню та хлору, об'єм якої становив 150 мл, привели до умов реакції. Після закінчення реакції залишилось 50 мл хлору. Визначте об'ємні частки (%) газів у вихідній суміші.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 9/15

- Обчислити склад суміші водню, метану  $\text{CH}_4$  та кисню, якщо ця суміш об'ємом 40 мл після проходження реакції зменшила свій об'єм до 31 мл, а після пропускання продуктів реакції через розчин лугу – до 28 мл. Усі об'єми виміряні за однакових умов. Вода за даних умов – рідина.
- Після вибуху 40 мл суміші водню з киснем залишилось 10 мл кисню. Обчисліть об'ємну частку водню у вихідній суміші, якщо всі об'єми газів виміряні за однакових умов.
- До 20 мл суміші водню і азоту додали 10 мл кисню і спалили. Об'єм суміші, що утворилась, дорівнював 26 мл. Визначте склад початкової та утвореної суміші за умови, що вода перебуває в пароподібному стані, а всі об'єми виміряні за однакових умов
- Об'єм газу, що утворився при повному розкладі озону, більше об'єму, що його займав чистий озон, на 4,48 л. Визначте початковий об'єм озону, якщо відомо, що всі виміри проводились за однакових умов.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 10/15

- Скільки кубометрів повітря, що містить 20% кисню, потрібно для згоряння  $1 \text{ м}^3$  природного газу, що містить 90% метану ( $\text{CH}_4$ ), 5% етану ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), 3% водню і 2% азот ( $\text{N}_2$ )? Всі виміри зроблено за однакових умов.
- Які об'єми азоту та водню прореагували, якщо в результаті реакції після приведення до попередніх умов об'єм суміші зменшився на 60 л?
- До суміші нітроген(II) оксиду з азотом об'ємом 100 мл додали такий же об'єм кисню. Через деякий час об'єм суміші становив 170 мл. Обчисліть об'ємні частки газів у вихідній суміші. Всі виміри зроблено за однакових умов.
- Спалили 25 мл суміші кисню і водню. Після реакції залишилося 7 мл кисню, що не прореагував. Визначте об'ємну частку кисню у вихідній суміші, якщо всі об'єми приведено до однакових умов.

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

- При повному окисненні 7,83 г сплаву двох металів утворилося 14,23 г оксидів, при обробці яких лугом залишилося нерозчинним 4,03 г осаду. Визначте якісний склад сплаву, якщо катіони металів мають ступені окиснення +2 і +3 відповідно, а молярні відношення оксидів 1:1 (врахувати, що гідроксид металу зі ступенем окислення +3 має амфотерні властивості).
- При дії на 14 г простої речовини X надлишком лугу виділяється 22,4 л водню. При нейтралізації одержаного лужного розчину хлоридною кислотою випадає осад, який не розчиняється в надлишку кислоти. При прожарюванні осаду одержують 30 г оксиду. Яка це речовина?
- Кристалічна речовина А при нагріванні в присутності каталізатора Б дає речовини В і Г, а при нагріванні без каталізатора Б переважно утворює сполуки В і Д. У свою чергу сполука Д при сильному нагріванні розпадається на речовини В і Г. Відомо, що сполука А може бути одержана при електролізі гарячого водного розчину речовини В. Назвіть описані речовини і напишіть рівняння згаданих реакцій.
- Хлороводень об'ємом 16,8 л (н.у.) пропустили через 200 г 15% розчину  $\text{HCl}$ . Визначити масову частку кислоти в новоутвореному розчині.
- Чаклун був майстром своєї справи. Він поклав у реторту суміш білої некристалічної речовини та білих кристалів, після чого закрити її пробкою з газовідвідною трубкою. Суміш нагрів і зібрав газ, що виділявся, у перевернуту до гори дном пробірку. Заткнувши пробірку пробкою, він занурив кінець трубки у чашу з водою, в яку перед цим додав трохи безбарвної рідини. Та диво, вода почала швидко підійматися догори, і в пробірці утворився маленький фонтан рожевого кольору. Розкрийте таємницю магії чаклуна і поясніть цей експеримент, якщо біла некристалічна речовина – це сполука, яку використовують у будівництві після обробки водою іншої білої

речовини, а білі кристали є відомим азотним добривом ( $W(N) = 35\%$ ). Напишіть рівняння відповідних реакцій.

6. У натрієвій солі оксигеновмісної кислоти хлору на останній припадає рівно третина маси. Визначити формулу солі.

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Ерыгин Д.П., Шишкин Е.А. Методика решения задач по химии. – М.: Просвещение, 1989. – 176 с.
3. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
4. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Слета Л.А., Черный А.В., Холин Ю.В. 1001 задача по химии с ответами, указаниями, решениями. – Харьков: Ранок, 2000. – 368 с.
3. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2015. – 464 с.

### Тема 16. Розв'язування розрахункових задач на електроліз.

**Мета:** систематизувати знання студентів про природу електропровідності різних середовищ, навчити застосовувати закони електролізу Фарадея під час розв'язування задач, розвивати уміння застосовувати вивчений матеріал при розв'язуванні задач.

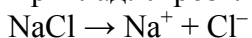
#### Семінарська частина

1. Закони електролізу (Фарадея). (Маса речовини, яка виділяється на електроді під час електролізу прямо пропорційна силі струму та часу його проходження через електроліт:  $m=kIt$ ,  $m=kq$ .) (Електрохімічні еквіваленти прямо пропорційні молярним масам речовин та обернено пропорційні валентностям.  $K=1/F M/n$ .)
2. Катодні і анодні процеси у розплавах електролітів.
3. Катодні і анодні процеси у розчинах електролітів.
4. Задачі на визначення маси, об'єму чи кількості речовини продуктів окисно-відновних реакцій під час електролізу.

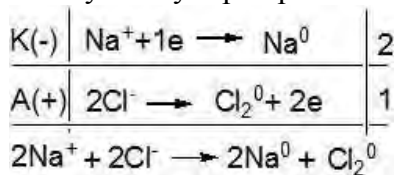
#### Зразки розв'язку

Електроліз – це окисно-відновний процес, який перебігає на електродах у розплаві чи розчині електроліту під дією постійного електричного струму. Електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму, називається катодом, а з'єднаний з позитивним полюсом – анодом. На катоді відбуваються процеси відновлення, а на аноді – окиснення.

Приклад: У розплаві NaCl дисоціює на йони:



Катіони під дією електричного струму будуть рухатись до катода і приймати від нього електрони (відновлюватись). На аноді буде відбуватися процес окиснення хлорид-іонів. Кількість відданих і приєднаних електронів повинна бути однаковою. То катодний процес подвоюємо і записуємо сумарне рівняння електролізу.



Електроліз розчинів.

#### Катодні процеси

1) катіони металів, що мають більший стандартний електродний потенціал, ніж у Гідрогену (від  $\text{Si}^{2+}$  до  $\text{Au}^{3+}$ ), при електролізі практично повністю відновлюються на катоді;



2) катіони металів, що мають малі стандартні електродні потенціали (від  $\text{Li}^+$  до  $\text{Al}^{3+}$  включно), не відновлюються на катоді, а замість них відновлюються молекули води;

3) катіони металів, що мають стандартний електродний потенціал менший, ніж у водню, але більший, ніж у алюмінію (від  $\text{Al}^{3+}$  до  $\text{H}^+$ ), при електролізі на катоді відновлюються одночасно з молекулами води.

Якщо ж водний розчин містить катіони різних металів, то під час електролізу виділення їх на катоді відбувається в порядку зменшення алгебраїчної величини стандартного електродного потенціалу відповідного металу. Так, із суміші катіонів  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  спочатку відновлюватимуться катіони аргентуму ( $E^\circ = +0,80 \text{ В}$ ), потім катіони купруму ( $E^\circ = +0,34 \text{ В}$ ) і останніми — катіони феруму ( $E^\circ = -0,44 \text{ В}$ ).

#### Анодні процеси

Характер реакцій, що відбуваються на аноді, залежить як від наявності молекул води, так і від речовини, з якої виготовлено анод. Звичайно аноди поділяють на нерозчинні і розчинні. Перші виготовляють з вугілля, графіту, платини, іридію; другі – з міді, срібла, цинку, кадмію, нікелю та інших металів.

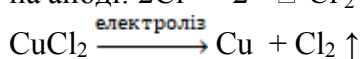
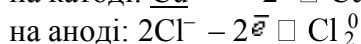
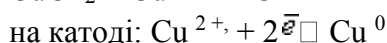
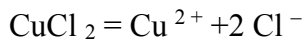
На нерозчинному аноді в процесі електролізу відбувається окиснення аніонів або молекул води.

При цьому аніони безокисненних кислот (наприклад,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) при їх достатній концентрації легко окиснюються. Якщо ж розчин містить аніони окисеновмісних кислот (наприклад,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), то на аноді окиснюються не ці іони, а молекули води з виділенням кисню.

#### Зразки розв'язків

**Задача 1.** При електролізі розчину купрум(II) хлориду на катоді виділилася мідь масою 12,7 г. Обчисліть об'єм газу (н.у.), що виділився на аноді.

#### Розв'язок



$$v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{Cu}) = \frac{12,7}{64} = 0,198 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції електролізу  $v(\text{Cl}_2) = v(\text{Cu}) = 0,198$

моль  $V = v \cdot V_m$ ;

$$V(\text{Cl}_2) = 0,198 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,445 \text{ л}$$

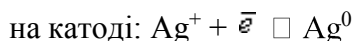
**Задача 2.** При електролізі водного розчину аргентум(I) нітрату на аноді виділилося 13,44 л кисню (н.у.). Визначте масу срібла, яка виділилася на катоді, якщо вихід срібла склав 90% від теоретично можливого, а вихід кисню – кількісний.

#### Розв'язок



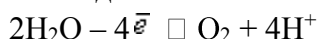
$\text{H}_2\text{O}$  – слабкий електроліт

$\text{K}^-$

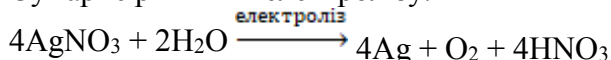


$\text{A}^+$

на аноді:



Сумарне рівняння електролізу:



$$v = \frac{V}{V_m}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 13,44/22,4 = 0,6 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції:

$$\nu(\text{Ag}) = 4\nu(\text{O}_2) = 4 \cdot 0,6 = 2,4$$

$$\text{моль } m_{\text{теор.}}(\text{Ag}) = \nu \cdot M = 2,4 \cdot 108$$

$$\eta = \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теорет.})}$$

$$= 259,2 \text{ г}$$

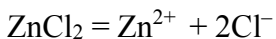
$$m(\text{практ.}) = m(\text{теорет.}) \cdot \eta$$

$$m(\text{практ. Ag}) = 259,2 \cdot 0,9 = 233,3$$

$$\text{г Відповідь: } m_{\text{пр}}(\text{Ag}) = 233,3 \text{ г}$$

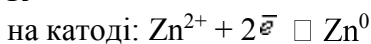
**Задача 3.** При електролізі водного розчину цинк хлориду на катоді виділився цинк масою 68,25 г, а на аноді – хлор об'ємом 28,22 л (н.у.). Визначте вихід цинку, якщо вихід хлору склав 90% від теоретично можливого.

### Розв'язок



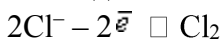
$\text{H}_2\text{O}$  – слабкий електроліт

$\text{K}^-$

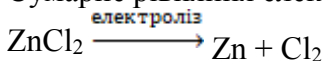


$\text{A}^+$

на аноді:



Сумарне рівняння електролізу:



$$m_{\text{пр}}(\text{Zn}) = 68,25 \text{ г}$$

$$V_{\text{пр}}(\text{Cl}_2) = 28,22 \text{ л}$$

$$\eta = \frac{V(\text{практ.})}{V(\text{теорет.})}$$

$$V_{\text{теорет}}(\text{Cl}_2) = \frac{V_{\text{практ}}(\text{Cl}_2)}{\eta} = \frac{28,22}{0,9} = 31,36 \text{ л}$$

$$V = \frac{V}{V_m}$$

$$\nu(\text{Cl}_2) = \frac{31,36}{22,4} = 1,4 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції:

$$\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{Cl}_2) = 1,4$$

$$\text{моль } m = \nu \cdot M$$

$$m_{\text{теорет}}(\text{Zn}) = 1,4 \cdot 65 = 91 \text{ г}$$

$$\eta = \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теорет.})}$$

$$\eta(\text{Zn}) = \frac{68,25}{91} = 0,75, \text{ або } 75\%$$

$$\text{Відповідь: } \eta(\text{Zn}) = 75\%$$

**Задача 4.** Через електролізер, що містить розчин калій гідроксиду об'ємом 300 мл з масовою часткою речовини 22,4% (густина 1,2 г/мл), пропустили електричний струм. Розрахуйте масову частку гідроксиду калію в розчині після відключення струму, якщо відомо, що на катоді виділився газ об'ємом 89,6 л (н.у.)

### Розв'язок



$\text{H}_2\text{O}$  – слабкий електроліт

K<sup>-</sup>

на катоді:  $\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2 + \text{OH}^-$

A<sup>+</sup>

на аноді:

$2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

Сумарне рівняння електролізу:

$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{електроліз}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

$$V = \frac{V}{V_m}$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{89,6}{22,4} = 4 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{H}_2) = 4$$

$$\text{моль } m = \nu \cdot M$$

$$m_1(\text{H}_2\text{O}) = 4 \cdot 18 = 72 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ну}) = \nu \cdot V = 1,2 \cdot 300 = 360 \text{ г}$$

$$W = \frac{m(\text{р-ни})}{m(\text{р-ну})}$$

$$m(\text{р-ни}) = W \cdot m(\text{р-ну})$$

$$m(\text{KOH}) = 0,224 \cdot 360 = 80,64$$

г

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{р-ну}) - m_1(\text{H}_2\text{O}) = 360 - 72 = 288 \text{ г}$$

$$W'(\text{KOH}) = \frac{80,64}{288} = 0,28, \text{ або } 28\%$$

### Лабораторна частина

#### Експериментальні задачі

**Завдання 1.** У шість пронумерованих пробірок налито розчини натрій сульфід, барій нітрату, амоній хлориду, натрій сульфату, алюміній сульфату і плюмбум нітрату. Не використовуючи інших реактивів, розпізнайте ці речовини. Завдання слід виконувати у такій послідовності:

- складіть план проведення експерименту, можливо у вигляді таблиці; узгодьте цей план;
- використовуючи наявні реактиви та устаткування, проведіть реакції, необхідні для визначення речовин;
- після кожного досліду запишіть спостереження;
- на основі спостережень зробіть висновки.

**Завдання 2. Умова:** У трьох пробірках без етикеток містяться рідини: хлоридна кислота, мурашина кислота й ацетальдегід. Як хімічним способом встановити вміст кожної пробірки.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, колби на 250 мл, скляна паличка, терези, різноважки, щипці; розчини хлоридної кислоти, мурашиної кислоти й ацетальдегіду, дистильована вода, аміачний розчин аргентум оксиду, лакмус

### Групова робота

1. Електричний струм пропустили через 200 г розчину натрій хлориду з масовою часткою солі 40 %. За час електролізу на аноді виділилось 10 л газу (н. у.). Визначте масові частки речовин (%), що міститимуться в утвореному розчині.
2. Визначте масу мідного купоросу, поміщеного в електролізер, якщо при електролізі його водного розчину виділився кисень об'ємом 5,71 (н.у.), вихід якого ставив 85% від теоретично можливого.
3. Через 1 л розчину натрій гідроксиду ( $\rho = 1,219 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою лугу 20 % пропустили електричний струм, поки масова частка лугу не збільшилась в 1,4 раза. Обчисліть маси речовин, які виділились на електродах.
4. Алюміній отримують електролізом алюміній оксиду в розплаві. Кисень, що виділяється на

аноді, окислює графітовий анод, утворюючи карбон(IV) оксид. Яка маса алюмінію була отримана, якщо внаслідок реакцій на аноді зібрали газ, об'єм якого за нормальних умов становив 67,2 л?

5. При електролізі розчину деякої кількості нітрату срібла на аноді утворюється 2,24 л газу. Який об'єм суміші газів утвориться при прожарюванні тієї ж кількості нітрату срібла?
6. Кисень, одержаний при електролізі 360 мл води, витратили на окислення певної кількості фосфору. Визначте масу фосфор(V) оксиду, який при цьому одержали.
7. На відновлення цинк оксиду витратили водень, одержаний при електролізі 0,5 л води. Визначте масу одержаного цинку.
8. Газ, що утворився на аноді при електролізі водного розчину натрій хлориду, прореагував з калій бромідом, що містився у 53,55 г розчину з масовою часткою солі 20%. Визначте масу луку, що утворився під час електролізу
9. Хлор, одержаний при повному електролізі 400 мл 2М розчину натрій хлориду, пропустили через гарячий розчин натрій гідроксиду об'ємом 600 мл (густина 1,225 г/мл) з масовою часткою луку 20%. Розрахуйте масові частки речовин в одержаному розчині (%).
10. При електролізі 3 кг розчину калій хлориду з масовою часткою солі 20% на аноді одержали газ, об'єм якого при 15°C і тиску 110 кПа становив 40 дм<sup>3</sup>. Визначте масові частки речовин в одержаному розчині (%).

#### *Індивідуальна робота*

##### **Варіант 1/16**

1. За який час на аноді виділиться 7 л кисню (н.у.) при пропусканні електричного струму силою 6 А через розплав калій гідроксиду.
2. При електролізі 1 л розчину купрум(II) хлориду на катоді виділилася мідь масою 12,7 г. Обчисліть об'єм газу (н.у.), що виділився на аноді, якщо густина розчину 1 г/мл.
3. При електролізі водного розчину аргентум нітрату на аноді виділилося 13,44 л кисню (н.у.). Визначте масу срібла, що виділилося на катоді, якщо вихід срібла склало 90% від теоретично можливого, а вихід кисню – кількісний.
4. При електролізі водного розчину цинк хлориду на катоді виділився цинк масою 68,25 г, а на аноді – хлор об'ємом 28,22 л (н.у.). Визначте вихід цинку, якщо вихід хлору склав 90% від теоретично можливого.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

##### **Варіант 2/16**

1. Визначте масу мідного купоросу, поміщеного в електролізер, якщо при електролізі його водного розчину виділився кисень об'ємом 5,71 (н.у.), вихід якого склав 85% від теоретично можливого.
2. Через електролізер, що містить розчин калій гідроксиду об'ємом 300 мл з масовою часткою речовини 22,4% (густина 1,2 г/мл), пропустили електричний струм. Розрахуйте масову частку калій гідроксиду в розчині після відключення струму, якщо відомо, що на катоді виділився газ об'ємом 89,6 л (н.у.)
3. При електролізі 16 г розплаву деякої сполуки водню з одновалентним елементом на аноді виділився водень кількістю речовини 1 моль. Встановіть формулу речовини, взятої для електролізу.
4. Електроліз 400 мл 6%-ного розчину купрум(II) сульфату (густина 1,02 г/мл) продовжували до тих пір, поки маса розчину не зменшилася на 10 г. Визначте масові частки сполук в останньому розчині і маси продуктів, що виділилися на інертних електродах.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

##### **Варіант 3/16**

1. При електролізі розчину хлориду металу, катіон якого двозарядний, на катоді виділилося 0,16 г металу. При розчиненні цієї маси металу в концентрованій нітратній кислоті виділився бурий газ об'ємом 0,112 л (н.у.) Визначте склад хлориду і його масу в розчині.
2. 1000 г 5,1%-ного розчину аргентум нітрату піддано електролізу, при цьому на катоді виділилося 10,8 г речовини. Потім у електролізер додали 500 г 13,5%-ного розчину купрум(II) хлориду. Отриманий розчин знову піддали електролізу до виділення на аноді 8,96 л газу (н.у.). Визначте масові частки речовин у кінцевому розчині.
3. Через послідовно включені в ланцюг постійного струму розчини аргентум нітрату, купрум(II) сульфату і аурум(III) хлориду пропускали струм силою 1,5 А протягом 20 хв. Розрахуйте маси металів, які осіли на катоді.
4. Обчислити масу газу, що виділився на аноді при електролізі розчину сульфатної кислоти, що відбувався протягом 10 хв при силі струму 1,5 А.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 4/16

1. При дії постійного струму силою 6,4 А на розплав солі тривалентного металу на катоді протягом 30 хв виділилося 1,07 г металу, а аноді – 1344 мл (н.у.) газу, відносна густина пари якого за гелієм становить 17,75. Визначте склад солі, розплав якої піддали електролізу.
2. При проходженні через розчин нікель(II) сульфату струму силою 2А маса катода збільшилася на 2,4 г. Розрахуйте час електролізу, якщо вихід за струмом дорівнює 0,8.
3. Електричний струм пропустили через 200 г розчину натрій хлориду з масовою часткою солі 40%. За час електролізу на аноді виділилось 10 л газу (н. у). Визначте масові частки речовин (%), що міститимуться в утвореному розчині.
4. Через 1 л розчину натрій гідроксиду ( $\rho = 1,219 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою лугу 20% пропустили електричний струм, поки масова частка лугу не збільшилась в 1,4 рази. Обчисліть маси речовин, які виділились на електродах.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 5/16

1. За який час на аноді виділиться 7 л кисню (н.у.) при пропусканні електричного струму силою 6 А через розплав калій гідроксиду.
2. При електролізі 1л розчину купрум(II) хлориду на катоді виділилася мідь масою 12,7 г. Обчисліть об'єм газу (н.у.), що виділився на аноді, якщо густина розчину 1 г/ мл.
3. При електролізі водного розчину аргентум нітрату на аноді виділилося 13,44 л кисню (н.у.). Визначте масу срібла, що виділилося на катоді, якщо вихід срібла склало 90% від теоретично можливого, а вихід кисню – кількісний.
4. При електролізі водного розчину цинк хлориду на катоді виділився цинк масою 68,25 г, а на аноді – хлор об'ємом 28,22 л (н.у.). Визначте вихід цинку, якщо вихід хлору склав 90% від теоретично можливого.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 6/16

1. Визначте масу мідного купоросу, поміщеного в електролізер, якщо при електролізі його водного розчину виділився кисень об'ємом 5,71 (н.у.), вихід якого склав 85% від теоретично можливого.
2. Через електролізер, що містить розчин калій гідроксиду об'ємом 300 мл з масовою часткою речовини 22,4% (густина 1,2 г/мл), пропустили електричний струм. Розрахуйте масову частку калій гідроксиду в розчині після відключення струму, якщо відомо, що на катоді виділився газ об'ємом 89,6 л (н.у.)
3. При електролізі 16 г розплаву деякої сполуки водню з одновалентних елементом на аноді виділився водень кількістю речовини 1 моль. Встановіть формулу речовини, взятої для електролізу.

4. Електроліз 400 мл. 6%-ного розчину купрум(II) сульфату (густина 1,02 г/мл) продовжували до тих пір, поки маса розчину не зменшилася на 10 г. Визначте масові частки сполук в останньому розчині і маси продуктів, що виділилися на інертних електродах.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 7/16

1. При електролізі розчину хлориду металу, катіон якого двозарядний, на катоді виділилося 0,16 г металу. При розчиненні цієї маси металу в концентрованій нітратній кислоті виділився бурий газ об'ємом 0,112 л (н.у.) Визначте склад хлориду і його масу в розчині.
2. 1000 г 5,1%-ного розчину аргентум нітрату піддано електролізу, при цьому на катоді виділилося 10,8 г речовини. Потім у електролізер додали 500 г 13,5%-ного розчину купрум(II) хлориду. Отриманий розчин знову піддали електролізу до виділення на аноді 8,96 л газу (н.у.). Визначте масові частки речовин у кінцевому розчині.
3. Через послідовно включені в ланцюг постійного струму розчини аргентум нітрату, купрум(II) сульфату і аурум(III) хлориду пропускали струм силою 1,5 А протягом 20 хв. Розрахуйте маси металів, які осіли на катоді.
4. Обчислити масу газу, що виділився на аноді при електролізі розчину сульфатної кислоти, що відбувався протягом 10 хв при силі струму 1,5 А.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 8/16

1. При дії постійного струму силою 6,4 А на розплав солі тривалентного металу на катоді протягом 30 хв виділилося 1,07 г металу, а аноді – 1344 мл (н.у.) газу, відносна густина пари якого за гелієм становить 17,75. Визначте склад солі, розплав якої піддали електролізу.
2. При проходженні через розчин нікель(II) сульфату струму силою 2А маса катода збільшилася на 2,4 г. Розрахуйте час електролізу, якщо вихід за струмом дорівнює 0,8.
3. Електричний струм пропустили через 200 г розчину натрій хлориду з масовою часткою солі 40%. За час електролізу на аноді виділилось 10 л газу (н. у). Визначте масові частки речовин (%), що міститимуться в утвореному розчині.
4. Через 1 л розчину натрій гідроксиду ( $\rho = 1,219 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою лугу 20% пропустили електричний струм, поки масова частка лугу не збільшилась в 1,4 рази. Обчисліть маси речовин, які виділились на електродах.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 9/16

1. За який час на аноді виділиться 7 л кисню (н.у.) при пропусканні електричного струму силою 6 А через розплав калій гідроксиду.
2. При електролізі 1л розчину купрум(II) хлориду на катоді виділилася мідь масою 12,7 г. Обчисліть об'єм газу (н.у.), що виділився на аноді, якщо густина розчину 1 г/ мл.
3. При електролізі водного розчину аргентум нітрату на аноді виділилося 13,44 л кисню (н.у.). Визначте масу срібла, що виділилося на катоді, якщо вихід срібла склало 90% від теоретично можливого, а вихід кисню – кількісний.
4. При електролізі водного розчину цинк хлориду на катоді виділився цинк масою 68,25 г, а на аноді – хлор об'ємом 28,22 л (н.у.). Визначте вихід цинку, якщо вихід хлору склав 90% від теоретично можливого.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 10/16

1. Визначте масу мідного купоросу, поміщеного в електролізер, якщо при електролізі його водного розчину виділився кисень об'ємом 5,71 (н.у.), вихід якого склав 85% від теоретично можливого.
2. Через електролізер, що містить розчин калій гідроксиду об'ємом 300 мл з масовою часткою

речовини 22,4% (густина 1,2 г/мл), пропустили електричний струм. Розрахуйте масову частку калій гідроксиду в розчині після відключення струму, якщо відомо, що на катоді виділився газ об'ємом 89,6 л (н.у.)

3. При електролізі 16 г розплаву деякої сполуки водню з одновалентним елементом на аноді виділився водень кількістю речовини 1 моль. Встановіть формулу речовини, взятої для електролізу.
4. Електроліз 400 мл 6%-ного розчину купрум(II) сульфату (густина 1,02 г/мл) продовжували до тих пір, поки маса розчину не зменшилася на 10 г. Визначте масові частки сполук в останньому розчині і маси продуктів, що виділилися на інертних електродах.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 11/16

1. При електролізі розчину хлориду металу, катіон якого двозарядний, на катоді виділилося 0,16 г металу. При розчиненні цієї маси металу в концентрованій нітратній кислоті виділився бурий газ об'ємом 0,112 л (н.у.) Визначте склад хлориду і його масу в розчині.
2. 1000 г 5,1%-ного розчину аргентум нітрату піддано електролізу, при цьому на катоді виділилося 10,8 г речовини. Потім у електролізер додали 500 г 13,5%-ного розчину купрум(II) хлориду. Отриманий розчин знову піддали електролізу до виділення на аноді 8,96 л газу (н.у.). Визначте масові частки речовин у кінцевому розчині.
3. Через послідовно включені в ланцюг постійного струму розчини аргентум нітрату, купрум(II) сульфату і аурум(III) хлориду пропускали струм силою 1,5 А протягом 20 хв. Розрахуйте маси металів, які осіли на катоді.
4. Обчислити масу газу, що виділився на аноді при електролізі розчину сульфатної кислоти, що відбувався протягом 10 хв при силі струму 1,5 А.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіант 12/16

1. При дії постійного струму силою 6,4 А на розплав солі тривалентного металу на катоді протягом 30 хв виділилося 1,07 г металу, а аноді – 1344 мл (н.у.) газу, відносна густина пари якого за гелієм становить 17,75. Визначте склад солі, розплав якої піддали електролізу.
2. При проходженні через розчин нікель(II) сульфату струму силою 2А маса катода збільшилася на 2,4 г. Розрахуйте час електролізу, якщо вихід за струмом дорівнює 0,8.
3. Електричний струм пропустили через 200 г розчину натрій хлориду з масовою часткою солі 40%. За час електролізу на аноді виділилось 10 л газу (н. у). Визначте масові частки речовин (%), що міститимуться в утвореному розчині.
4. Через 1 л розчину натрій гідроксиду ( $\rho = 1,219 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою лугу 20% пропустили електричний струм, поки масова частка лугу не збільшилась в 1,4 рази. Обчисліть маси речовин, які виділились на електродах.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі

#### Варіативна складова

##### Творчі завдання

1. Суміш масою 13,96 г, до складу якої входили  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Cu(NO}_3)_2$  та  $\text{AgNO}_3$ , прожарили до припинення виділення газів. Отриманий плав обробили водою. При цьому його маса зменшилася на 4,83 г, а маса нерозчинного залишку склала 4,30 г.
  - 1) Запишіть рівняння реакцій, що відбувалися.
  - 2) Визначте масові частки компонентів вихідної суміші.
2. Елемент Е утворює з Гідрогеном сполуки складу  $\text{E}_x\text{H}_{2x+2}$  (сполука А),  $\text{E}_{2x}\text{H}_{2x+6}$  (сполука Б) та  $\text{E}_{2x+1}\text{H}_{2x+5}$  (сполука В). Молярні маси сполук Б та В відносяться як 27:32.
  - 1) Визначте хімічний елемент Е та сполуки А, Б і В.
  - 2) Запишіть рівняння реакцій сполуки А: а) з водою; б) з киснем.
  - 3) Вкажіть ступені окиснення елементів у всіх сполуках, про які йдеться в задачі.

3. Наважку суміші порошоків міді, заліза та алюмінію обробили надлишком розчину NaOH. При цьому виділилося 3,00 г водню. При взаємодії такої самої наважки суміші з хлором витрачено 37,4 дм<sup>3</sup> (об'єм виміряний за нормальних умов) цього газу, а при реакції з розчином хлоридної кислоти – 1035 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою HCl 10,0% та густиною 1,10 г/см<sup>3</sup>.

1) Напишіть рівняння реакцій, згаданих у тексті (якщо реакції відбуваються у водних розчинах, наведіть йонно-молекулярні рівняння).

2) Розрахуйте масу наважок (з точністю до 0,1 г) та масові частки металів у суміші.

4. Наведіть по два приклади реакцій, зазначених нижче, написавши відповідні хімічні рівняння:

- кислота утворюється з двох газуватих речовин;
- кислота утворюється з рідкої та газуватої речовин;
- кислота утворюється з двох рідких речовин;
- сіль утворюється з двох твердих речовин;
- сіль утворюється з двох рідких речовин;
- сіль утворюється з твердої та газуватої речовин

Агрегатний стан речовин наведено за звичайних умов (кімнатна температура, атмосферний тиск). Реакції можуть відбуватися за інших умов. Врахуйте, що крім зазначених продуктів реакцій можуть утворюватися й інші речовини.

5. У 1859 р. професор Імператорського Харківського університету М.М. Бекетов відкрив, що алюміній здатний відновлювати метали з їх оксидів. Відповідний метод добування металів називається алюмотермією.

1) Розрахуйте тепловий ефект реакції між Al та Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, якщо теплоти утворення оксидів з простих речовин становлять 822,2 кДж/моль (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) і 1675,7 кДж/моль (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

2) Маса суміші Al та Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> становить 10,0 г. Розрахуйте, скільки теплоти виділиться при реакції, якщо масова частка алюмінію у суміші складає: а) 5%; б) 15%; в) 30%; г) 50%; д) 75%. Якою є максимальна кількість теплоти, що може виділитися при реакції в 10,0 г суміші?

6. Молекула CH<sub>4</sub> має форму тетраедру з валентними кутами H–C–H 109,5°. Молекула NH<sub>3</sub> має форму трикутної піраміди з валентними кутами H–N–H 107,3°. Молекула H<sub>2</sub>O має кутову форму з валентним кутом H–O–H 104,5°.

Роз'ясніть, чому в перелічених молекулах кути між зв'язками мають близькі значення.

### Рекомендована література

#### Основна

- Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
- Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
- Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова

- Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
- Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2018. – 464 с.

### Тема 17. Розв'язування задач за рівнянням реакції заміщення між металом і розчином солі

**Мета:** сформувати у студентів уміння розв'язувати різними способами розрахункові задачі за рівнянням реакції заміщення між металом і розчином солі.

#### Семінарська частина

- Обчислення маси пластинки до чи після реакції.
- Задачі на визначення металу, що входить до складу солі.

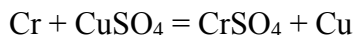


3. Задачі на знаходження маси металу, що виділяється на пластинці після реакції.
4. Задачі на встановлення металу, з якого зроблена пластинка.
5. Задачі на визначення концентрації речовини у розчині після того, як пластинка була вийнята з розчину.
6. Ускладнені задачі.

*Зразки розв'язків*

**Задача 1.** Хромова пластинка масою 31,2 г занурена в 250 мл 4 М розчину купрум(II) сульфату. Через деякий час маса хромової пластики збільшилася на 6 г. Обчисліть масу купрум(II) сульфату, що залишився в розчині.

**Розв'язок**



У вихідному розчині кількість речовини купрум(II) сульфату становила:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$m = C \cdot V$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,25 \text{ л} \cdot 4 \text{ моль/л} = 1 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції всі кількості речовин рівні. Прийmemo:

$$n(\text{Cu}) = n(\text{Cr}) = n_1(\text{CuSO}_4) = x$$

$$m(\text{Cu}) = 64x$$

$$m(\text{Cr}) = 52x$$

$$m_1(\text{CuSO}_4) = 160x$$

Зміна маси пластинки відбулася за рахунок того, що певна маса міді осіла на пластинці, а певна маса хрому перейшла в розчин у вигляді йонів  $\text{Cr}^{2+}$

$$m(\text{пласт.}) + m(\text{Cu}) - m(\text{Cr}) = m_2(\text{пласт.})$$

$$m(\text{Cu}) - m(\text{Cr}) =$$

$$x m(\text{пласт.}) 64x - 52x = 6$$

$$12x = 6$$

$$x = 0,5$$

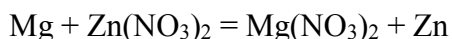
Отже, у розчині було 0,5 моль купрум(II) сульфату, з них прореагувало 0,5 моль, а в розчині залишилося 0,5 моль. Звідси маса купрум(II) сульфату, що залишився в розчині, становитиме:

$$m = n \cdot M$$

$$m_2(\text{CuSO}_4) = 0,5 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 80 \text{ г}$$

**Задача 2.** У 250 г 25%-ного розчину цинк нітрату занурили магнієву пластинку. Визначити масові частки речовин в утвореному розчині, якщо маса магнієвої пластинки збільшилась на 4,1 г.

**Розв'язок**



За рівнянням реакції всі кількості речовини рівні. Прийmemo, що

$$n(\text{Mg}) = n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Zn}) = x$$

$$m = n \cdot M$$

$$m(\text{Mg}) = 24x$$

$$m(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 189x$$

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 148x$$

$$m(\text{Zn}) = 65x$$

$$m(\text{пласт.}) + m(\text{Zn}) - m(\text{Mg}) = m_2(\text{пласт.})$$

$$m(\text{Zn}) - m(\text{Mg}) =$$

$$x m(\text{пласт.}) 65x - 24x = 4,1$$

$$41x = 4,1$$

$$x = 0,1$$

У вихідному розчині маса цинк нітрату становила:

$$m(\text{розч. р-ни}) = W \cdot m(\text{розчину})$$

$$m(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,25 \cdot 250 = 62,5 \text{ г}$$

$$\square = \frac{m}{M}$$

$$\square(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = \frac{62,5\text{г}}{189\text{г/моль}} = 0,33 \text{ моль}$$

У реакцію вступив 0,1 моль цинк нітрату, отже, у розчині після реакції залишилося:

$$\square(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,33 \text{ моль} - 0,1 \text{ моль} = 0,23$$

$$\text{моль} \cdot \square(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,23 \text{ моль} \cdot 189 \text{ г/моль} = 43,47 \text{ г}$$

У результаті реакції утворилося 0,1 моль магній нітрату. Маса магній нітрату в розчині після реакції складатиме:

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 148 \text{ г/моль} = 14,8 \text{ г}$$

Якщо маса пластинки збільшилася на 4,1 г, то маса розчину зменшиться на 4,1 г.

$$m(\text{р-ну}) = 250 \text{ г} - 4,1 \text{ г} = 245,9 \text{ г}$$

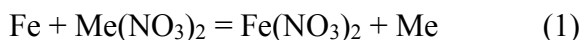
$$W = \frac{m(\text{розч. р} \square \text{ни})}{m(\text{р} \square \text{ну})}$$

$$W(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = \frac{14,8\text{г}}{245,9\text{г}} = 0,06, \text{ або } 6\%$$

$$W(\square(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2)) = \frac{43,47\text{г}}{245,9\text{г}} = 0,1768, \text{ або } 17,68\%$$

**Задача 3.** Кусочок заліза помістили в розчин нітрату невідомого металу, який проявляє в сполуках ступінь окислення +2. Маса зра зка металу збільшилась на 1,6 г. Через одержаний розчин ферум(II) нітрату пропустили надлишок сірководню, одержавши ферум(II) сульфід масою 17,6 г. Який метал виділився із розчину?

#### Розв'язок



$$\square = \frac{m}{M}$$

$$\square(\text{FeS}) = \frac{17,6\text{г}}{88\text{г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

За рівняннями реакцій (1) і (2):

$$\square(\text{H}_2\text{S}) = \square(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = \square(\text{Fe}) = \square(\text{Me}) = 0,2$$

$$\text{моль} \cdot m(\text{Fe}) = 56 \cdot 0,2 = 11,2$$

Прийmemo, що  $M(\text{Me}) = a$

$$m(\text{Me}) = 0,2a$$

$$m(\text{пласт.}) + m(\text{Me}) - m(\text{Fe}) = m(\square(\text{пласт.}))$$

$$m(\text{Me}) - m(\text{Fe}) =$$

$$\square m(\text{пласт.}) \cdot 0,2a - 11,2 = 1,6$$

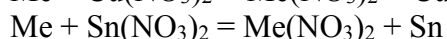
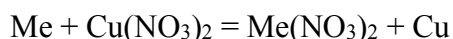
$$0,2a = 12,8$$

$$a = 64$$

Метал – мідь

**Задача 4.** Дві пластинки, що мають однакову масу і виготовлені з металу, що утворює двозарядні йони, занурили одну в розчин купрум(II) нітрату, а другу – у розчин станум(II) нітрату. Через деякий час маса пластинки, зануреної в розчин купрум(II) нітрату, зменшилась на 0,2%, а маса другої пластинки збільшилась на 10,8%. Зменшення молярної концентрації обох розчинів було однаковим. Визначте метал.

### Розв'язок



Якщо прийняти масу пластинки за 100 г, то в першому випадку її маса зменшилася на 0,2 г, а в другому – збільшилася на 10,8 г.

Оскільки зменшення молярної концентрації обох розчинів було однаковим, то в обох реакціях прореагувала однакова кількість речовини. Прийmemo:

$$\square(\text{Me}) = \square(\text{Cu}) =$$

$$\square(\text{Sn}) \quad \text{Прийmemo}$$

$$M(\text{Me}) = a \quad m(\text{Me}) =$$

$ax$

$$m(\text{Cu}) = 64x$$

$$m(\text{Sn}) = 119x$$

$$m_1(\text{пласт.}) + m(\text{Cu}) - m(\text{Me}) = m_1(\text{пласт.})$$

$$m(\text{Cu}) - m(\text{Me}) = \square m(\text{пласт.})$$

$$m_2(\text{пласт.}) + m(\text{Sn}) - m(\text{Me}) = m_2(\text{пласт.})$$

$$m(\text{Sn}) - m(\text{Me}) = \square m(\text{пласт.})$$

$$\left. \begin{array}{l} \square 64x - ax = 0,2 \\ \square 119x - ax = 10,8 \end{array} \right\}$$

Віднявши від другого рівняння перше, одержимо:

$$55x = 11$$

$$x = 0,2$$

Підставимо значення  $x$  у перше рівняння системи двох рівнянь:

$$64 \cdot 0,2 - 0,2a = -0,2$$

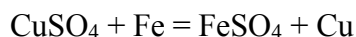
$$13 = 0,2a$$

$$a = 65$$

Невідомий метал – цинк.

**Задача 5.** У 200 г розчину купрум сульфату з масовою часткою солі 6% занурили залізну пластинку. Визначте масову частку (%) купрум сульфату та ферум сульфату в утвореному розчині, якщо маса залізної пластинки збільшилась на 0,32 г.

### Розв'язок



$$\square(\text{CuSO}_4) = \square(\text{Fe}) = \square(\text{FeSO}_4) = \square(\text{Fe}) = x \quad (\text{за рівнянням}$$

$$\text{реакції}) \quad m(\text{CuSO}_4) = 160x; \quad m(\text{Fe}) = 56x; \quad m(\text{FeSO}_4) = 152x; \quad m(\text{Fe})$$

$$= 56x$$

Маса пластинки змінилася за рахунок того, що  $64x$  г Cu осіло на пластинці, а  $56x$  г Fe з пластинки перейшло в розчин. Отже:

$$64x - 56x = 0,32$$

$$8x = 0,32$$

$$x = 0,04 \quad (\text{моль})$$

Визначимо масу  $\text{CuSO}_4$ , що вступила в реакцію, та масу  $\text{FeSO}_4$ , що утворилася в результаті реакції:

$$m_1(\text{CuSO}_4) = 160 \cdot 0,04 = 6,4 \text{ г}; \quad m(\text{FeSO}_4) = 152 \cdot 0,04 = 6,08 \text{ г}$$

У вихідному розчині маса  $\text{CuSO}_4$  становила:

$$m(\text{CuSO}_4) = m(\text{р-ну}) \cdot W = 200 \cdot 0,06 = 12 \text{ г}$$

Отже, після реакції в розчині залишилося  $\text{CuSO}_4$ :

$$m_2(\text{CuSO}_4) = 12 \text{ г} - 6,4 \text{ г} = 5,6 \text{ г}$$

Якщо маса пластинки збільшилася на 0,32 г, то маса розчину зменшилася на 0,32 г.

$$\text{Отже, } m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г} - 0,32 \text{ г} = 199,68 \text{ г}$$

Визначимо масові частки солей в новоутвореному розчині:

$$W = \frac{m(\text{р-ну})}{m(\text{р-ну})}; \quad W_2(\text{CuSO}_4) = \frac{5,6}{199,68} = 0,028, \text{ або } 2,8\%;$$

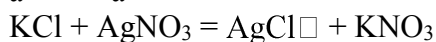
$$W(FeSO_4) = \frac{6,08}{199,68} \cdot 100\% = 3,04\%$$

**Задача 6.** Зразок, що містить хлориди натрію і калію, має масу 25 г. До водного розчину зразка додали 840 мл розчину  $AgNO_3$  (0,5 моль/л). Осад відфільтрували, після чого опустили в розчин мідну пластинку масою 100 г. Через деякий час маса пластинки становила 101,52 г. Розрахуйте масові частки компонентів вихідної суміші.

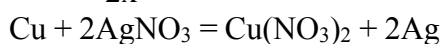
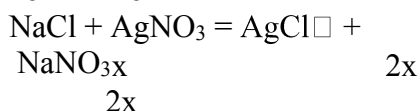
#### Розв'язок

$$n(AgNO_3) = 0,5 \cdot 0,84 = 0,42$$

а а



б б



$$216x - 64x = 1,52$$

$$x = 0,01$$

$$n_1(AgNO_3) = 0,02$$

$$n_2(AgNO_3) = 0,42 - 0,02 = 0,4$$

$$\left. \begin{array}{l} a + b = 0,4 \\ 74,5a + 58,5b = 25 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} 74,5a + 74,5b = 29,8 \\ 74,5a + 58,5b = 25 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} 74,5a + 74,5b = 29,8 \\ 74,5a + 58,5b = 25 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} 74,5a + 74,5b = 29,8 \\ 74,5a + 58,5b = 25 \end{array} \right\}$$

$$b = 0,3; a = 0,1$$

$$W(KCl) = \frac{74,5 \cdot 0,1}{25} \cdot 100\% = 29,8\% \quad W(NaCl) = 70,2\%$$

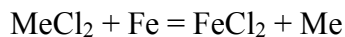
29,8%

25

;

**Задача 7.** У водний розчин хлориду деякого двовалентного металу, що має об'єм 10 мл, опустили залізну пластинку масою 10 г. Після того, як метал з розчину повністю осів на пластинку, її маса збільшилася до 10,1 г. Потім в таку ж кількість досліджуваного розчину опустили кадмієву пластинку масою 10 г і після завершення реакції її маса зменшилася до 9,4 г. Хлорид якого металу містився в досліджуваному розчині? Поясніть процеси, що відбуваються, приводячи рівняння відповідних хімічних реакцій.

#### Розв'язання



За рівнянням реакції:

$$n(Fe) = n(Me) =$$

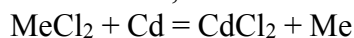
$$x \cdot m(Fe) = 56x$$

$$m(Me) = ax, \text{ де } a - \text{ відносна атомна маса металу}$$

$$m(\text{пл.}) + m(Me) - m(Fe) = m(\text{пл.})$$

$$10 + ax - 56x = 10,1$$

$$ax - 56x = 0,1$$



За рівнянням реакції:

$$n(Cd) = n(Me) =$$

$$x \cdot m(Cd) = 112x$$

$$m(Me) = ax$$

$$m(\text{пл.}) + m(Me) - m(Cd) =$$

$$m(\text{пл.})10 + ax - 112x = 9,4$$

$$ax - 112x = -0,6$$

Складаємо систему двох рівнянь:

$$\begin{cases} ax - 56x = 0,1 \\ ax - 112x = -0,6 \end{cases}$$

$$56x = 0,7; x = 0,0125$$

Підставляємо значення  $x$  у перше рівняння системи:

$$0,0125a - 56 \cdot 0,0125 = 0,1$$

$$a = 64 \text{ Метал} - \text{мідь}$$

### Лабораторна частина

#### Експериментальні задачі

**1. Умова:** Візьміть залізну пластинку масою 50 г, опустіть в розчин мідного купоросу. Через певний час пластинку вийміть, висушіть і зважте. Обчисліть масу міді, що залишилася на пластинці, та масу заліза, яке перейшло в розчин.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, колби на 250 мл, скляна паличка, терези, різноважки, щипці; розчин мідного купоросу, дистильована вода, залізна пластинка масою 50г.

**2. Умова:** Візьміть водний розчин, що містить йони двовалентного металу, розділіть його на дві рівні частини. В першу частину розчину опустіть залізну пластинку, у другу – кадмієву.

Весь метал повинен осісти на пластинках. При цьому маса залізної пластинки повинна збільшитись на 0,2 г, а кадмієвої зменшитись на 1,2 г. Визначте, йони якого металу були в розчині.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, колби на 250 мл, скляна паличка, щипці; водний розчин, що містить йони двовалентного металу, дистильована вода, залізна і кадмієва пластинка.

#### Індивідуальна робота

##### Варіант 1/17

1. Дві пластинки, що мають однакову масу і виготовлені з металу, що утворює двозарядні іони, занурили одну в розчин купрум(II) сульфату, а другу – у розчин меркурій(II) сульфату. Через деякий час маса пластинки, зануреної в розчин купрум(II) сульфату, зменшилась на 3,6%, а маса другої пластинки збільшилась на 6,675%. Зменшення молярної концентрації обох розчинів було однаковим. Визначте метал.
2. Тонку залізну пластинку масою 100 г занурили в 250 г 20%-ного розчину  $\text{CuSO}_4$ . Через деякий час пластинку вийняли з розчину, промили, висушили і зважили; її маса виявилася рівною 102 г. Обчисліть склад розчину (в % за масою) після видалення з нього металічної пластинки.
3. У 200 г розчину аргентум нітрату ( $W=20\%$ ) помістили зразок міді масою 50,6 г. Через деякий час маса зразка збільшилась до 54,4 г. Визначити масову частку нітрату міді в утвореному розчині.
4. Деталь із марганцю опустили в 300 г розчину станум(II) сульфату ( $W=25\%$ ). Через деякий час маса деталі збільшилась на 2,56 г. Визначити масову частку станум(II) сульфату в розчині після реакції.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

##### Варіант 2/17

1. Водний розчин хлориду двовалентного металу розділили на дві рівні частини. У першу опустили залізну пластинку, а в другу - кадмієву. Весь метал осів на пластинках. При цьому маса залізної пластинки збільшилась на 0,1 г, а кадмієвої зменшилась на 0,6 г. Сіль якого металу була взята для реакції?
2. У 200 г 6%-ного розчину купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Визначити масову частку купрум(II) сульфату та ферум(II) сульфату в утвореному розчині, якщо маса залізної пластинки збільшилась на 0,32 г.
3. Зразок цинку масою 73 г помістили в розчин нікель(II) сульфату масою 240 г. Через деякий час маса зразка стала рівною 71,8 г. Визначити масову частку цинк сульфату в розчині після реакції.

4. У розчин купрум(II) сульфату масою 248 г помістили порошок магнію масою 20 г. Через деякий час металічний осад зібрали і висушили. Його маса становила 28 г. Визначити масову частку магній сульфату в одержаному розчині.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 3/17

1. Хромову пластинку масою 31,2 г занурена в 250 мл 4 М розчину купрум(II) сульфату. Через деякий час маса хромової пластики збільшилася на 6 г. Обчисліть масу купрум(II) сульфату, що залишився в розчині.
2. Магнієву пластинку на деякий час занурили в 160 мл розчину з масовою часткою алюміній нітрату 10%. За цей час маса алюміній нітрату зменшилась у два рази. Збільшилася чи зменшилася при цьому маса магнієвої пластики? На скільки грамів?
3. У 200 г 6%-ного розчину купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Визначити масову частку купрум(II) сульфату та ферум(II) сульфату в утвореному розчині, якщо маса залізної пластики збільшилась на 0,32 г.
4. Цинкову пластинку масою 80 г занурили в 240 г розчину плюмбут(II) нітрату. Через деякий час маса пластики стала рівною 94,2 г. Яка масова частка цинк нітрату в новоутвореному розчині?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 4/17

1. У розчин аргентум нітрату опущена мідна пластинка масою 28 г. Після закінчення реакції пластинка була вийнята з розчину, вимита, висушена і зважена. Маса її виявилася 32,52 г. Яка маса  $\text{AgNO}_3$  була в розчині?
2. Кусочок заліза помістили в розчин нітрату невідомого металу, який проявляє в сполуках ступінь окислення +1. Маса зразка металу збільшилась на 16 г. Через одержаний розчин ферум(II) нітрату пропустили надлишок сірководню, одержавши ферум(II) сульфід масою 8,8 г. Який метал виділився із розчину?
3. При обробці 14,4 г калій і натрій гідридів водою утворилося 500 мл розчину лугів. Визначити склад суміші гідридів, якщо на нейтралізацію 50 мл утвореного розчину витрачено 20 мл 2 н розчину хлоридної кислоти.
4. До 24%-ного розчину амоній нітрату ( $\rho=1,1$  г/мл) об'ємом 45,45 мл додали 80 г 10%-ного розчину натрій гідроксиду. Одержаний розчин швидко прокип'ятили (втратами парів води знехтувати). Визначте, які речовини залишилися в розчині й обчисліть їх масові частки.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 5/17

1. У 200 г 20%-ного розчину купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Визначити масові частки купрум(II) та ферум(II) сульфатів в утвореному розчині, якщо маса залізної пластики збільшилась на 0,12 г.
2. До розчину гідраргіум(I) нітрату  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  масою 264 г з масовою часткою 20% добавили цинкові ошурки. Через деякий час концентрація гідраргіум(I) нітрату у розчині дорівнювала 6%. Визначити масу виділеної ртуті.
3. У розчин сульфату кадмію занурили цинкову пластинку масою 50 г. Після витіснення кадмію маса пластики збільшилась на 3,76 %, Визначити масу кадмію, що виділилась на пластинці.
4. У розчин, що містить 16 г сульфату міді, занурили кадмієву пластинку. Після повного витіснення міді маса пластики зменшилась на 12 %. Визначити масу зануреної пластики.
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 6/17

1. У 250 г 20%-ного розчину  $\text{SnCl}_2$  занурили цинкову пластинку. Через деякий час маса пластики збільшилась на 12,711 г. Визначити масову частку станум(II) хлориду в розчині після реакції.

- У 200 г 6%-ного розчину купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Визначити масову частку купрум(II) сульфату та ферум(II) сульфату в утвореному розчині, якщо маса залізної пластинки збільшилась на 0,32 г.
- Залізна пластинка, занурена у розчин купрум(II) сульфату, збільшила свою масу на 0,32 г. Визначити масу купрум(II) сульфату, що прореагував?
- У розчин, що містить 4,48 г металу у вигляді його сульфату, занурили цинкову пластинку. Після повного витіснення металу маса пластинки збільшилась на 1,88 г. Визначити еквівалентну масу та назву металу.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 7/17

- Цинкову пластинку масою 80 г занурили в 240 г розчину плюмбум(II) нітрату. Через деякий час маса пластинки стала рівною 94,2 г. Яка масова частка цинк нітрату в новоутвореному розчині?
- У розчин аргентум нітрату опущена мідна пластинка масою 28 г. Після закінчення реакції пластинка була вийнята з розчину, вимита, висušена і зважена. Маса її виявилася 32,52 г. Яка маса  $\text{AgNO}_3$  була в розчині?
- У розчин, що містить 8,32 г кадмій(II) сульфату, занурили цинкову пластинку. Після повного виділення кадмію маса пластинки збільшилась на 2,35%. Визначити масу цинкової пластинки.
- У розчин, що містить 3,2 г металу у вигляді хлориду, занурили залізну пластинку масою 50 г. Після повного виділення металу маса пластинки збільшилась на 0,8 %. Визначити еквівалентну масу та назву металу.
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 8/17

- У 200 г 4%-ного розчину купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Визначити масову частку купрум(II) сульфату та ферум(II) сульфату в утвореному розчині, якщо маса залізної пластинки збільшилась на 0,32 г.
- Кусочок заліза помістили в розчин нітрату невідомого металу, який проявляє в сполуках ступінь окислення +1. Маса зразка металу збільшилась на 16 г. Через одержаний розчин ферум(II) нітрату пропустили надлишок сірководню, одержавши ферум(II) сульфід масою 8,8 г. Який метал виділюється із розчину?
- У розчин, що містить 5,44 г хлориду ртуті, занурили мідну пластинку. Після повного виділення всієї ртуті маса пластинки збільшилась на 6,85 %. Визначити масу зануреної пластинки.
- Цинкову пластинку масою 80 г занурили в 240 г розчину плюмбум(II) нітрату. Через деякий час маса пластинки стала рівною 94,2 г. Яка масова частка цинк нітрату в новоутвореному розчині?
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

#### Варіант 9/17

- У 200 г 20%-ного розчину купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Визначити масові частки купрум(II) та ферум(II) сульфатів в утвореному розчині, якщо маса залізної пластинки збільшилась на 0,12 г.
- До розчину гідраргірум(I) нітрату  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  масою 264 г з масовою часткою 20% добавили цинкові ошурки. Через деякий час концентрація гідраргірум(I) нітрату у розчині дорівнювала 6%. Визначити масу виділеної ртуті.
- У розчин аргентум нітрату опущена мідна пластинка масою 28 г. Після закінчення реакції пластинка була вийнята з розчину, вимита, висušена і зважена. Маса її виявилася 32,52 г. Яка маса  $\text{AgNO}_3$  була в розчині?
- У розчин, який містить 2,24 г двохвалентного металу у вигляді сульфату, занурили цинкову пластинку. Після повного виділення металу маса пластинки збільшилась на 0,94 г Який це метал?
- Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

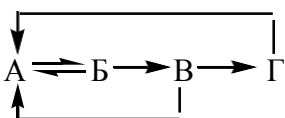
### Варіант 10/17

1. У 20%-ний розчин  $\text{AgNO}_3$  масою 250 г занурили мідну платівку. Через деякий час платівку вилучили з розчину та визначили вміст іонів срібла в розчині, який виявився рівним 0,03 моль/л. Визначити кількість іонів міді, що перейшли до розчину.
2. У 250 г 20%-ного розчину  $\text{SnCl}_2$  занурили цинкову пластинку. Через деякий час маса пластинки збільшилась на 12,711 г. Визначити масову частку станум(II) хлориду в розчині після реакції.
3. У розчин, який містить 8,32 г сульфату кадмій(II) сульфату, занурили цинкову пластинку. Після повного виділення кадмію маса пластинки збільшилася на 2,35%. Визначте масу цинкової пластинки.
4. У розчин купрум(II) сульфату занурили залізну пластинку. Яка маса міді виділиться на пластинці, якщо маса пластинки збільшилася на 0,4 г?
5. Скласти і розв'язати дві аналогічні задачі.

### Варіативна складова

#### Творчі завдання

1. Здійснить перетворення для неорганічних речовин за такою схемою:



- якщо речовина А – тверда речовина, а речовина Г – кислота. Напишіть для кожного перетворення рівняння реакції.
2. А, Б, В – прості речовини (гази), утворені хімічними елементами з різних груп періодичної системи Д.І. Менделєєва. Речовина А взаємодіє з речовиною В і утворює речовину Г, яка не змінює колір індикаторів. Речовина Б взаємодіє з речовиною В і утворює речовину Д, яка не взаємодіє з водою, лугами, кислотами. Речовина А взаємодіє з речовиною Б і утворює речовину Е, що має різкий характерний запах і вимагає обережності в користуванні. Речовина Е добре реагує з речовиною Г. При цьому утворюється речовина Ж, яка змінює забарвлення фенолфталеїну. Визначити речовини А-Ж, назвати ці речовини, написати всі згадані рівняння реакцій.
  3. При пропусканні надлишку сірководню через розчин, що містить 0,8 г деякої солі сульфатної кислоти, випало 0,48 г осаду. Визначте, сіль якого металу містилася в початковому розчині.
  4. Яку масу натрію слід додати до 100 мл розчину натрій гідроксиду з масовою часткою 8% (густина розчину 1,085 г/мл), щоб одержати розчин з масовою часткою натрій гідроксиду 10%?
  5. Об'єм суміші карбон(II) оксиду з киснем становила 250 мл (н.у.). Після окиснення всього оксиду об'єм суміші виявився рівним 180 мл (н.у.). Одержану газову суміш пропустили в розчин, що містить 0,25 г натрій гідроксиду. Визначити склад (у % за об'ємом) вихідної суміші. Яка речовина утворилася в розчині після поглинання продуктів реакції? Відповідь підтвердити розрахунками.
  6. На суміш цинк сульфїду, натрій хлориду і кальцій карбонату масою 80 г подіяли надлишком хлоридної кислоти. При цьому утворилася суміш газів об'ємом 13,44 л (н.у.). При взаємодії цієї газової суміші з надлишком сульфур(IV) оксиду утворилася тверда речовина масою 19,2 г. Визначте масові частки речовин у вихідній суміші.

### Рекомендована література

#### Основна

1. Буринська Н.М. Методика розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
2. Шаповалов А.І. Методика розв'язування задач з хімії. – К.: Рад. шк., 1989. – 87 с.
3. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Збірник задач і вправ з хімії. – Навчальний посібник. — 5-е вид., виправ. й доп. — К.: Станіца-Київ, 2003. — 234 с.

#### Додаткова



1. Брайко В.І., Мушкало Н.Н. Експериментальні задачі з неорганічної хімії. – К.: Рад. шк., 1982. – 127 с.
2. Хімія : довідник для абітурієнтів та школярів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник – К. : Літера ЛТД, 2018. – 464 с.

### **Тема 18. Модульний контроль № 2.**