

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ЗАГАЛЬНА ХІМІЯ**

Методичні вказівки  
до виконання контрольної роботи  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
освітньо-професійної програми «Екологія»

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри харчових  
технологій  
Протокол №6 від 26.06. 2023 р.

**Чернігів 2023**

Загальна хімія: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) освітньо-професійної програми «Екологія» / Укл.: Ж.В. Замай.– Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 37 с.

**Укладач:**

**Замай Жанна Василівна**

кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка»

**Рецензент:**

**Гуменюк Оксана Леонідівна,**

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка»

**Відповідальний**

**Хребтань Олена Борисівна,**

**за випуск:**

завідувач кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка», кандидат технічних наук

## ЗМІСТ

<b><u>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....</u></b>	<b><u>34</u></b>
<b><u>ДОДАТКИ.....</u></b>	<b><u>35</u></b>

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

З метою набуття компетентностей, передбачених освітньо-професійною програмою «Екологія» при вивченні освітньої компоненти Загальна хімія, передбачено виконання контрольної роботи. Кожний варіант контрольної роботи обов'язково містить розрахункові задачі з усіх тем загальної хімії, які включено до програми для студентів спеціальності 101 Екологія. Мета контрольної роботи – зміцнити, поглибити та узагальнити знання, набуті під час лекційних, лабораторних занять та самостійної роботи з літературою. Кожний варіант контрольної роботи містить розрахункові задачі з основних тем курсу, а також одну задачу з екологічним змістом.

При виконанні контрольної роботи необхідно користуватися теоретичними відомостями, наведеними в літературних джерелах, що вказані у списку рекомендованої літератури, зокрема приклади розв'язку всіх типових завдань, що включені до даної контрольної роботи наведено у навчальному посібнику Замай Ж. В. Хімія навколишнього середовища. Частина 1. Загальна хімія : навч. посіб. для здобувачів першого рівня вищої освіти за спеціальністю 101 – Екологія / Ж. В. Замай, С. В. Ткаченко. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2020. – 124 с.

Також для зручності здобувачів вищої освіти під час виконання контрольної роботи в даних методичних вказівках наведено довідникову інформацію (Додатки А-Д). По темах, що винесено на самостійне опрацювання в методичних вказівках крім прикладів розв'язку типових задач наводяться також короткі теоретичні відомості.

**Варіант завдання контрольної роботи відповідає номеру прізвища студента в академічному журналі групи. Номери завдань для кожного варіанту представлено в таблиці.**

<b>№ варіанту</b>	<b>Перелік завдань</b>
<b>1</b>	<b>1, 16, 31, 46, 61,76, 91, 106</b>
<b>2</b>	<b>2, 17, 32,47, 62,77, 92,107</b>
<b>3</b>	<b>3, 18, 33, 48, 63, 78, 93, 108</b>
<b>4</b>	<b>4, 19, 34,49, 64, 79,94, 109</b>
<b>5</b>	<b>5, 20, 35, 50, 65, 80,95, 110</b>
<b>6</b>	<b>6, 21, 36, 51, 66. 81, 96, 111</b>
<b>7</b>	<b>7, 22,37, 52, 67. 82, 97, 112</b>
<b>8</b>	<b>8, 23, 38, 53, 68. 83, 98, 113</b>
<b>9</b>	<b>9, 24, 39, 54, 69, 84, 99, 114</b>
<b>10</b>	<b>10, 25,40, 55, 70, 85, 100,115</b>
<b>11</b>	<b>11, 26, 41, 56, 71. 86, 101,116</b>
<b>12</b>	<b>12, 27, 42, 57, 72, 87, 102,117</b>
<b>13</b>	<b>13, 28, 43, 58, 73, 88, 103,118</b>
<b>14</b>	<b>14, 29, 44, 59, 74, 89, 104, 119</b>
<b>15</b>	<b>15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120</b>

Контрольна робота має бути виконана на одній стороні аркуша формату А 4 (поля: верхнє, нижнє, ліве – 20 мм; праве – 10 мм). *Номер сторінки* проставляють арабськими цифрами у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок.

Контрольна робота здається на перевірку викладачеві у чітко вказані ним терміни. Після перевірки роботи викладачем, за наявності зауважень, мають бути зроблені необхідні виправлення; не зараховані роботи повертаються на доопрацювання. У разі не відповідності варіанту контрольна робота не рецензується.

Виконану роботу треба підписати і зазначити дату виконання. Після рецензування студент захищає контрольну роботу в формі співбесіди з викладачем.

Студенти, які не подали або не захистили контрольну роботу у встановлений навчальним графіком термін, до екзамену не допускаються.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

### Основні поняття і закони хімії

#### Приклади типових завдань

1. Яка кількість речовини міститься у воді масою 0,009 кг? Яке число молекул міститься у воді масою 0,009 кг? Скільки атомів усіх елементів міститься у воді масою 0,009 кг?

<b>Дано:</b> $m(\text{H}_2\text{O})=0,009\text{кг}=9\text{г.}$ $v(\text{H}_2\text{O})=?$ $N(\text{H}_2\text{O})=?$ $N(\text{H}, \text{O})=?$	<b>Розв'язання</b> $N_A = \frac{N}{v}$ , звідки $N = N_A \cdot v$ , $M = \frac{m}{v}$ , звідки $v = \frac{m}{M}$ $M(\text{H}_2\text{O})=18\text{ г/моль};$ 1) $v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{9}{18} = 0,5$ (моль); 2) $N(\text{H}_2\text{O}) = N_A \cdot v = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,5 = 3,01 \cdot 10^{23};$ 3) одна молекула води складається з трьох атомів (двох атомів Гідрогену та одного атома Оксигену); $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул води містять $x$ атомів; $x = 3,01 \cdot 10^{23} \cdot 3 = 9,03 \cdot 10^{23}$ атомів. <i>Відповідь:</i> 0,5 моль речовини води, $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул води, $9,03 \cdot 10^{23}$ атомів усіх елементів
--	--

2. У якій масі води міститься стільки молекул, скільки їх є в 34 г амоніаку  $\text{NH}_3$  ?

<b>Дано:</b> $m(\text{NH}_3)=34\text{ г,}$ $N(\text{NH}_3)=N(\text{H}_2\text{O});$ $m(\text{H}_2\text{O})=?$	<b>Розв'язання:</b> $v = \frac{m}{M}$ , звідки $m = v \cdot M$ ; $M(\text{NH}_3)=17\text{ г/моль}; M(\text{H}_2\text{O})=18\text{ г/моль.}$ 1) розрахуємо $v(\text{NH}_3)$ , що відповідає його масі 34 г; $v(\text{NH}_3) = \frac{34}{17} = 2$ моль. 2) виходячи з того, що однакові кількості різних речовин містять однакові кількості молекул, тобто $N(\text{NH}_3) = N(\text{H}_2\text{O})$ , якщо $v(\text{NH}_3) = v(\text{H}_2\text{O})$ , знаходимо $v(\text{H}_2\text{O})$ : $v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{NH}_3) = 2$ моль; 3) розрахуємо $m(\text{H}_2\text{O})$ : $m(\text{H}_2\text{O}) = v \cdot M = 18 \cdot 2 = 36$ (г). <i>Відповідь:</i> 34 г.
---	---

3. Після потрапляння в атмосферу невідомого газу було встановлено, що він є важчим за водень у 17 разів. Потрібно передбачити який це газ та знайти масу 1 л (н.у.) цього газу. Якою була б його відносна густина, якщо б її визначали за повітрям?

Дано:	Розв'язання:
$D(\text{H}_2)=17$	<p>1. Оскільки <math>D(\text{H}_2)=\frac{M_{\text{газу}}}{2}</math>, то <math>M(\text{газу})=M(\text{H}_2)\cdot D(\text{H}_2) = 17\cdot 2=34</math> (г/моль) (можливо, це <math>\text{H}_2\text{S}</math>);</p> <p>2. Для розрахунку маси газу потрібно розрахувати її кількість речовини. Оскільки <math>V_m=\frac{V}{\nu}</math>, то <math>\nu=\frac{V}{V_m}=\frac{1}{22,4}=0,045</math> моль</p> <p>3. <math>m(\text{газу})=M\cdot\nu=34\cdot 0,045=1,53</math>(г).</p> <p>4. Густина газу за повітрям <math>D(\text{пов.})=\frac{M_{\text{газу}}}{29}=\frac{34}{29}=1,17</math>, де 29 - середня молярна маса повітря.</p> <p style="text-align: center;"><i>Відповідь:</i> <math>m(\text{газу})=1,53</math> г; <math>D(\text{пов.})=1,17</math></p>
$V(\text{газу})=1$ л	
$m(\text{газу})=?$	
$D(\text{пов.})=?$	

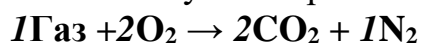
4. Під час аналізу повітря, забрудненого невідомим газом, встановлено, що для спалювання 5 л його витрачено 10 л кисню. Внаслідок цього утворюється 9 л вуглекислого газу і 5 л азоту. Встановити формулу газу, вважаючи, що всі об'єми виміряні за однакових умов.

#### Розв'язання:

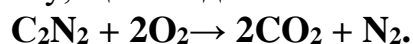
Співвідношення об'ємів газів дає стехіометричні коефіцієнти:

$$V(\text{газу}) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) : V(\text{N}_2) = 5 : 10 : 10 : 5 = 1 : 2 : 2 : 1.$$

Запишемо умовне рівняння, використовуючи одержані коефіцієнти:



Аналізуючи співвідношення коефіцієнтів та склад усіх газів, можна дійти висновку, що невідомий газ містить по два атоми Карбону і Нітрогену, звідки:



5. Масова частка карбон діоксиду (газ, що обумовлює явище парникового ефекту) в газовій суміші з азотом становить 40%. Який об'єм (н.у.) займе 40 г цієї суміші?

#### Розв'язання:

Масова частка речовини в суміші розраховується за формулою

$$\omega = m(\text{реч}) : m(\text{сум.}), \text{ звідси } m(\text{реч}) = \omega \cdot m(\text{сум.}),$$

$$m(\text{CO}_2) = 40 \cdot 0,4 = 16(\text{г}), \text{ а } m(\text{N}_2) = 40 - 16 = 24(\text{г}).$$

Щоб розрахувати об'єми газів спочатку знаходять їх кількість речовини

$$v(\text{CO}_2) = m / M = 16 : 44 = 0,3636 \text{ (моль)},$$

$$V(\text{CO}_2) = v \cdot V_m = 0,3636 \cdot 22,4 = 8,145 \text{ (л)}$$

$$v(\text{N}_2) = m / M = 24 : 28 = 0,8571 \text{ (моль)},$$

$$V(\text{N}_2) = v \cdot V_m = 0,8571 \cdot 22,4 = 19,2 \text{ (л)}$$

$$V_{\text{(сум)}} = 8,145 + 19,2 = 27,3 \text{ (л)}.$$

6. Чому дорівнює маса водню (газу, що є одним з альтернативних видів палива), яка за нормальних умов (н.у.) займає об'єм 4 л? Який об'єм займатиме та сама кількість газу за  $t = 27^\circ\text{C}$  та  $P = 150 \text{ кПа}$ ?

#### Розв'язання:

Розраховуємо масу газу:

$$m = M \cdot v; (M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}); v = V / V_m.$$

$$m = 2 \cdot 4 / 22,4 = 0,357 \text{ г}.$$

За рівнянням Менделєєва-Клапейрона обчислюємо об'єм газу за  $t = 27^\circ\text{C}$  (300 K) та  $P = 150 \text{ кПа}$ .

$$PV = \nu RT, \quad V = m \cdot R \cdot T / M \cdot P = 0,357 \cdot 8,31 \cdot 300 / 2 \cdot 150 = 2,97 \text{ л}.$$

1. Визначте відносну густину водяної пари за киснем за нормальних умов.
2. Визначте масу  $1 \text{ м}^3$  газів за н.у.:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{SO}_2$
3. Визначте, який об'єм буде займати за н.у. 1 г таких газів:  $\text{NO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ .
4. Визначте масу 450 мл  $\text{SO}_2$  за  $80^\circ\text{C}$  і 740 мм.рт.ст.
5. Балон ємкістю 10 л містить за  $27^\circ\text{C}$  1 моль кисню. Визначте тиск в балоні.
6. Як необхідно змінити температуру від  $0^\circ\text{C}$ , щоб за незмінного тиску  $1 \text{ м}^3$  газу збільшив свій об'єм в 2 рази?
7. Яку температуру повинен мати азот, щоб за тиску 0,8 атм. 1 л його важив 1 г?
8. Визначте молярну масу газу, якщо відомо, що 312 мл його за  $17^\circ\text{C}$  і  $1,04 \cdot 10^5 \text{ Па}$  мають масу 0,78 г.
9. В якій масі азоту міститься  $2 \cdot 10^{22}$  молекул?
10. Визначте густину за повітрям газової суміші, яку утворили при змішуванні 4 л (н.у.) водню і 5 г азоту.
11. Який об'єм кисню необхідний для спалювання 5 л ( $20^\circ\text{C}$  і 97,5 кПа) метану?
12. Який об'єм повітря необхідний для спалювання 7 л ( $18^\circ\text{C}$  і 1,07 атм) аміаку?
13. В балоні об'ємом 56 л міститься 4 моль метану, 67,2 л (н.у.) водню і 14 г чадного газу. Визначте загальний тиск в балоні;



14. Визначте склад суміші газів  $\text{NO}_2$  і  $\text{N}_2\text{O}_4$ , якщо відомо, що 312 мл її за  $17^\circ\text{C}$  і  $1,04 \cdot 10^5$  Па мають масу 0,78 г.
15. Вдень у кількості речовини 10 моль зібрано у балоні місткістю 20 л за  $23^\circ\text{C}$ .  
Визначте тиск газу в балоні

### Класи неорганічних сполук

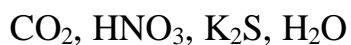
16.3 якими з перелічених оксидів реагує хлоридна кислота: сульфур(IV) оксид, купрум(II) оксид, ферум(III) оксид? Напишіть молекулярні рівняння реакцій.

17.3 якими з перелічених оксидів реагує натрій гідроксид: сульфур(VI) оксид, купрум(II) оксид, карбон(IV) оксид? Напишіть молекулярні рівняння реакцій.

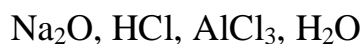
18.3 якими з перелічених оксидів реагує хлоридна кислота: алюміній оксид, нітроген(IV) оксид, магній оксид? Напишіть молекулярні рівняння реакцій.

19.3 якими з перелічених оксидів реагує сульфатна кислота: літій оксид, хром(III) оксид, фосфор(V) оксид? Напишіть молекулярні рівняння реакцій.

20.3 якими з наведених речовин буде взаємодіяти  $\text{CuO}$



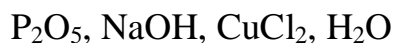
21.3 якими з наведених речовин буде взаємодіяти  $\text{CO}_2$



22.3 якими з наведених речовин буде взаємодіяти  $\text{HNO}_3$



23.3 якими з наведених речовин буде взаємодіяти  $\text{CuSO}_4$



24.3 якими з наведених речовин буде взаємодіяти  $\text{NaOH}$



25.3 якими з наведених речовин буде взаємодіяти  $\text{Al}(\text{OH})_3$



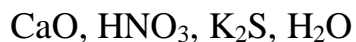
26. Які з наведених речовин можуть взаємодіяти між собою?



27. Які з наведених речовин можуть взаємодіяти між собою?



28. Які з наведених речовин можуть взаємодіяти між собою?



29. Які з наведених речовин можуть взаємодіяти між собою?



30. Написати формулу речовини:

а) хлоридна кислота;

б) сульфатна кислота;

в) тригідроген триоксофосфат;

г) диферум триоксид;

д) ферум(II) оксид;

е) силіцій діоксид;

### Основи хімічної термодинаміки

**Термодинамічна система** (далі просто система) - це окреме тіло або сукупність тіл, які фактично або подумки можуть бути виділені з навколишнього середовища. При цьому маються на увазі макроскопічні системи, тобто системи, що складаються з дуже великого числа окремих частинок. Ізольована система повністю відокремлена від свого оточення, тобто не обмінюється з ним ні речовиною, ні енергією.

**Енергія** - це здатність системи здійснювати роботу.

Для будь-якої термодинамічної функції стану  $X$  її зміна визначається виразом  $\Delta X = X_{\text{кінцева}} - X_{\text{початкова}}$

Ця зміна  $\Delta X$  не залежить від шляху, по якому здійснюється зміна стану системи, а залежить тільки від початкового і кінцевого станів системи.

Робота, яка виконується хімічної системою, визначається виразом:

$$A = - P \Delta V.$$

**Внутрішня енергія тіла** ( $U$ )- це сума кінетичної енергії теплового руху частинок, з яких складається тіло, і потенціальної енергії їхньої взаємодії.

**Перший закон термодинаміки** математично записується так:

$$Q = \Delta U + A,$$

де  $Q$ -кількість тепла, наданого системі;

$\Delta U$ -зміна внутрішньої енергії системи;

$A$  -робота, що виконує система.

Теплота, що поглинається системою за постійного об'єму, дорівнює **зміні внутрішньої енергії системи**

$$\Delta U = - Q_v$$

Теплота, що поглинається системою за постійного тиску, дорівнює **зміні ентальпії системи**

$$\Delta H = - Q_p$$

Зміна ентальпії  $\Delta H$  визначається виразом  $\Delta H = H_{\text{кінц.}} - H_{\text{початк.}}$

**Ентальпія** (або **теплова функція**)- термодинамічний потенціал, що характеризує стан термодинамічної системи. Ентальпія дорівнює сумі внутрішньої енергії і добутку тиску на об'єм. Ентальпія- це тепловміст системи. На практиці використовують зміну ентальпії  $\Delta H$ :

а) Якщо значення  $\Delta H$  є величиною від'ємною, то реакція називається **екзотермічною** (тепло реакції виділяється в навколишнє середовище).

б) Якщо значення  $\Delta H$  є величиною додатною, то реакція називається **ендотермічною** тепло поглинається з навколишнього середовища).

**Стандартна молярна ентальпія реакції** - це зміна ентальпії процесу, віднесена до 1 моль речовини, за стандартних умов.

**Стандартні умови** – це температура 298 К і тиск 1 атм. Стандартна молярна ентальпія за  $T = 298$  К має позначення  $\Delta H_f^\circ$  або  $\Delta H_{\text{утв.}}^\circ$ .

Стандартна молярна ентальпія утворення будь-якої простої речовини дорівнює нулю.

**Закон Гесса:** «Тепловий ефект хімічної реакції не залежить від шляху перебігу процесу, а залежить лише від початкового і кінцевого стану системи».

Цей закон виконується тільки у випадку дотримання наступних умов:

- якщо хімічна реакція відбувається за сталого об'єму або тиску;
- температура продуктів реакції дорівнює температурі вихідних речовин.

Практично використовують наслідок з закону Гесса, що дозволяє розрахувати тепловий ефект будь-якого перетворення :

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = \sum \Delta H_{\text{утв. продуктів реакції}} - \sum \Delta H_{\text{утв. реагентів}}$$

Ентальпія хімічної реакції – це різниця сумарних ентальпій утворення вихідних і кінцевих речовин.

**Другий закон термодинаміки:** «Теплота довільно не може переходити від холодного тіла до гарячого».

Другий закон термодинаміки постулює існування нової функції стану системи - ентропії (S)- міри неупорядкованості в системі.

Ентропія зростає в ряду: тверде тіло→рідина→газ.

Стандартна молярна зміна ентропії в хімічній реакції визначається виразом  $\Delta S_{x.p.} = \sum \Delta S^{\circ}_{\text{продуктів}} - \sum \Delta S^{\circ}_{\text{реагентів}}$ .

Функція G є функцією стану системи і називається вільною **енергією Гіббса** або ізобарно-ізотермічним потенціалом.

$$\Delta G_{x.p.} = \Delta H_{x.p.} - T \cdot \Delta S_{x.p.}$$

Це рівняння є одним з основних рівнянь хімічної термодинаміки, оскільки пов'язує можливість перебігу хімічної реакції ( $\Delta G$ ) з змінами H і S в цьому процесі.

Величина  $\Delta G$  залежить від двох складових, які можна розглядати як два прямо протилежних фактори:

1. Ентальпійний фактор ( $\Delta H$ ) - характеризує прагнення частинок до об'єднання за рахунок утворення більш міцних зв'язків, що призводить до зменшення ентальпії системи, тобто значення  $\Delta H < 0$ .

2. Ентропійний фактор ( $T \cdot \Delta S$ ) - відображає прагнення частинок до роз'єднання, до неупорядкованості, що призводить до збільшення ентропії, тобто значення  $\Delta S > 0$ . Цей фактор проявляється тим інтенсивніше, чим вищою є температура.

Вільна енергія Гіббса є критерієм спрямованості процесу і рівноваги в неізольованій системі за ізобарно-ізотермічних умов.

Реакція може відбуватись довільно лише за умови

$$\Delta G_{x.p.} < 0.$$

Для системи, що знаходиться в стані *динамічної рівноваги*,

$$\Delta G_{x.p.} = 0.$$

Енергія Гіббса є функцією стану системи, зміна енергії Гіббса ( $\Delta G$ ) для хімічної реакції можна розраховувати, використовуючи наслідок із закону Гесса:

$$\Delta G^{\circ}_{\text{х.р.}} = \sum \Delta G^{\circ}_{\text{утв. прод.}} - \sum \Delta G^{\circ}_{\text{утв. вихідних р.}}$$

де  $\Delta G_{\text{х.р.}}$  - зміна енергії Гіббса для хімічної реакції, кДж;

$\Delta G^{\circ}_{\text{утв.}}$  - енергія Гіббса утворення всіх компонентів (вихідних речовин і продуктів реакції, кДж / моль).

З точки зору екології і пошуку джерел енергії, які є відновлювальними і менш шкідливими для навколишнього середовища розглядають такі нетрадиційні джерела енергії : тепло Землі (геотермальна енергія), Сонця (в тому числі енергія вітру, морських хвиль, тепла морів і океанів), а також «мала» гідроенергетика: морські припливи і відливи, біогазові, теплонасосні установки і інші перетворювачі енергії.

### **Приклади типових завдань**

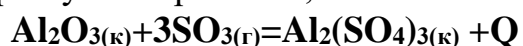
**1.** Визначте тепловий ефект реакції  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  за умов:  $\Delta H_{\text{утв}}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{к})$ ) = -1675,0 кДж / моль

$\Delta H_{\text{утв}}$  ( $\text{SO}_3(\text{г})$ ) = -395,2 кДж / моль

$\Delta H_{\text{утв}}$  ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{к})$ ) = -3434,0 кДж / моль

#### **Розв'язання:**

Записуємо термохімічне рівняння реакції, в якому вказують агрегатний стан реагуючих речовин, а також значення теплового ефекту



Згідно з наслідком з закону Гесса:

$\Delta H_{\text{х.р.}} = \Delta H_{\text{утв. Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{к})} - (\Delta H_{\text{утв. Al}_2\text{O}_3(\text{к})} + 3\Delta H_{\text{утв. SO}_3(\text{г})}) = -3434,0 - (-1675,0 - 3 \cdot 395,2) = -537,4$  кДж - реакція екзотермічна

**2.** Під час реакції алюмінію з йодом виділилося 77 кДж теплоти. Які маси речовин прореагували? Теплота утворення алюміній йодиду дорівнює  $\Delta H_f^{\circ} = -308$  кДж / моль. Залежністю теплового ефекту реакції від температури знехтувати.

#### **Розв'язання:**

Записуємо термохімічне рівняння



Складаємо пропорцію та розв'язуємо її:

При утворенні **1 моль AlI<sub>3</sub>** виділяється 308 кДж, а

при утворенні **x моль AlI<sub>3</sub>** виділяється 77 кДж енергії;

$x=1 \cdot 77/308=0,25$  моль алюміній йодиду.

На утворення 1 моль алюміній йодиду затрачено 1 моль алюмінію та  $3/2$  моль йоду, тобто, прореагувало 0,25 моль алюмінію та  $0,25 \cdot 3/2=0,375$  моль йоду.

Знаходимо їх маси:

$$m(\text{Al})=v \cdot M=0,25 \cdot 27=6,75 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{I}_2)=v \cdot M=0,375 \cdot (127 \cdot 2)=95,25 \text{ (г)}.$$

*Відповідь:* Прореагувало 6,75 г алюмінію та 95,25 г йоду.

**3.** Обчислити стандартну енергію Гіббса для амоніаку (або зміну енергії Гіббса в реакції утворення амоніаку з простих речовин за стандартних умов), використовуючи відповідні значення  $\Delta H^\circ_{\text{утв}}$  та  $S^\circ$ . Чи можливий синтез амоніаку за стандартних умов?

**Розв'язання:**



$$\Delta G^\circ_{\text{утв}} \text{NH}_{3(\text{г})} = \Delta G^\circ_{\text{х.р.}}; \quad \Delta H^\circ_{\text{утв}} \text{NH}_{3(\text{г})} = \Delta H^\circ_{\text{х.р}}$$

$$\Delta G^\circ_{\text{х.р.}} = \Delta H^\circ_{\text{х.р.}} - T \Delta S^\circ_{\text{х.р.}}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{х.р.}} = S^\circ(\text{NH}_{3(\text{г})}) - 1/2 S^\circ(\text{N}_{2(\text{г})}) - 3/2 S^\circ(\text{H}_{2(\text{г})})$$

$$\Delta G^\circ_{\text{утв}} \text{NH}_{3(\text{г})} = \Delta H^\circ_{\text{утв}}(\text{NH}_{3(\text{г})}) - 298 \cdot (S^\circ(\text{NH}_{3(\text{г})}) - 1/2 S^\circ(\text{N}_{2(\text{г})}) - 3/2 S^\circ(\text{H}_{2(\text{г})})) : \\ 1000 = -46,2 - 0,298(192,6 - 0,5 \cdot 191,5 - 1,5 \cdot 130,5) = -16,7 \text{ (кДж/моль)}.$$

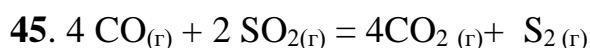
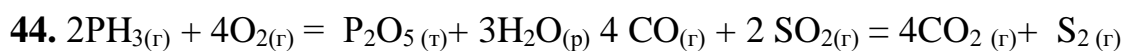
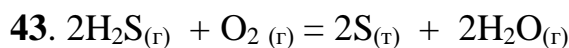
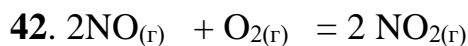
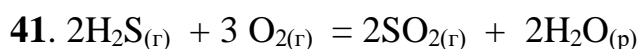
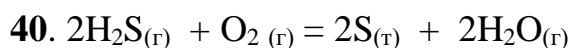
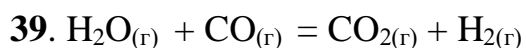
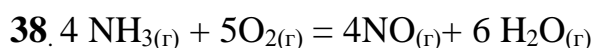
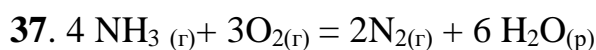
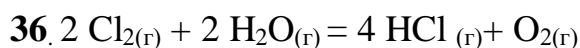
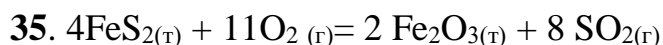
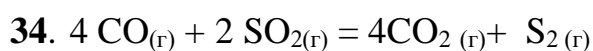
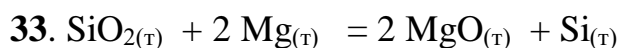
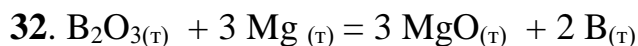
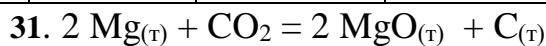
*Відповідь:* Стандартна енергія Гіббса для амоніаку дорівнює - 16,7 кДж/моль. Оскільки  $\Delta G^\circ_{\text{утв}} \text{NH}_{3(\text{г})} < 0$ , то синтез амоніаку з простих речовин за стандартних умов можливий.

В завданнях 31-45 за наведеними в таблиці 1 стандартними ентальпіями утворення, стандартними ентропіями, стандартними енергіями Гіббса визначте  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$  хімічних реакцій, що протікають за рівняннями:

Таблиця 1 –Стандартні ентальпії утворення, ентропії, енергії Гіббса утворення речовин.

Речовина	$\Delta H^\circ_f$ , кДж/моль	$S^\circ$ , Дж/моль К	$\Delta G^\circ_f$ , кДж/моль	Речовина	$\Delta H^\circ_f$ , кДж/моль	$S^\circ$ , Дж/моль К	$\Delta G^\circ_f$ , кДж/моль
Mg <sub>(г)</sub>	0	33	0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3(г)</sub>	-824	87	-742
MgO <sub>(г)</sub>	-601	27	-569	N <sub>2(г)</sub>	0	192	0
CO <sub>2(г)</sub>	-393	214	-394	NO <sub>(г)</sub>	82	220	104
C <sub>(г)</sub>	0	6	0	NH <sub>3(г)</sub>	-46	193	-17
CO <sub>(г)</sub>	-110	198	-137	N <sub>2</sub> O <sub>4(г)</sub>	10	304	98
B <sub>2</sub> O <sub>3(г)</sub>	-1272	54	-1193	PCl <sub>3(г)</sub>	-277	312	-260

B <sub>(т)</sub>	0	6	0	PH <sub>3(г)</sub>	5	210	13
SiO <sub>2(г)</sub>	-906	40	-851	P <sub>2</sub> O <sub>5(г)</sub>	-1492	114	-1349
Si <sub>(г)</sub>	0	19	0	Cl <sub>2(г)</sub>	0	223	0
SO <sub>2(г)</sub>	-297	248	-300	HCl <sub>(г)</sub>	-92	187	-95
S <sub>(г)</sub>	0	32	0	H <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	-242	189	-229
H <sub>2</sub> S <sub>(г)</sub>	-21	206	-34	H <sub>2</sub> O <sub>(р)</sub>	-286	70	-237
FeS <sub>2(г)</sub>	-174	53	-163	O <sub>2(г)</sub>	0	205	0
FeO <sub>(г)</sub>	-265	61	-244	HF <sub>(г)</sub>	-217	174	-273
S <sub>2(г)</sub>	128	228	79	H <sub>2(г)</sub>	0	131	0



## Основи хімічної кінетики

Швидкість хімічної реакції визначається зміною концентрації будь-яких реагентів в одиницю часу.

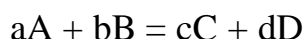
Швидкість хімічної реакції залежить від багатьох факторів:

концентрації реагентів, температури, каталізаторів, ступеня подрібнення (для твердих речовин) або поверхні стикання, а також середовища (в основному для реакцій, що перебігають в розчинах), форми реактора (для ланцюгових реакцій), інтенсивності освітлення (для фотохімічної реакції), інтенсивності

опромінення (для радіаційних хімічних реакцій) і т.п. Крім того, основним критерієм є природа реагуючих речовин.

**Закон діючих мас** (для кінетики) формулюється наступним чином: швидкість хімічної реакції прямо пропорційна добутку молярних концентрацій реагуючих речовин у степенях, що дорівнюють їх стехіометричним коефіцієнтам в рівнянні реакції.

Наприклад, для хімічної реакції з вихідними реагентами А та В і продуктами реакції С та D:



закон діючих мас записується:  $V_{x.p.} = k_c C_A^a \cdot C_B^b$ .

Для спрощення запису для позначення молярної концентрації в кінетиці часто використовують квадратні дужки. Тобто, замість запису  $C_A$  можна написати  $[A]$ .

Коефіцієнт пропорційності в даному виразі  $k_c$  – константа швидкості реакції, яка залежить від природи реагуючих речовин і має фізический зміст: це швидкість реакції, за концентрації реагуючих речовин рівній 1 моль/л.

Якщо в реакції приймають участь тверді або рідкі речовини (не розчини) то їх концентрації в рівнянні закону діючих мас не враховуються.

Залежність швидкості хімічної реакції від температури описується **правилом Вант-Гоффа**:

У випадку збільшення температури на кожні 10 градусів константа швидкості реакції збільшується у 2-4 рази.

Правило описується рівнянням:

$$V_2 = V_1 \cdot \gamma^{\Delta T/10}$$

де  $V_1$  – швидкість реакції при температурі  $T_1$ ;

$V_2$  – швидкість реакції при температурі

$\gamma$  – температурний коефіцієнт швидкості реакції (якщо він, наприклад, дорівнює 2, то швидкість реакції буде збільшуватись у 2 рази при збільшенні температури на кожні 10 градусів). Правило Вант- Гоффа справедливе для тих реакцій, які відбуваються за температури нижчої, ніж 400 °С.



**Каталізаторами** називають речовини, які впливають на швидкість реакції, але зберігають свій хімічний склад після проміжних реакцій. Вплив каталізаторів на швидкість реакції називається **каталізом**.

**Хімічна рівновага**- це такий стан системи, за якого швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної реакції. За незмінних зовнішніх умов стан (положення) рівноваги зберігатися як завгодно довго. Зміни температури, концентрації реагентів (а для газоподібних систем і тиску) спричиняють порушення рівності швидкостей прямої і зворотної реакцій, а, отже, і порушення рівноваги.

Стан рівноваги описують за допомогою константи рівноваги, яка для модельної реакції  $aA + bB = cC + dD$  має вираз:  $K_p = C_c^c \cdot C_D^d / C_A^a \cdot C_B^b \dots$

Чисельне значення константи рівноваги, за звичай, змінюється із зміною температури. Це відбувається тому, що швидкості прямої і зворотної реакцій змінюється за зміни температури по-різному.

За постійної температури значення констант рівноваги не залежать ні від тиску, ні від об'єму, ні від концентрацій реагентів або продуктів реакції.

За зміни умов перебігу процесу хімічна рівновага порушується. Напрямок зміщення рівноваги визначається **принципом Ле-Шательє**, який полягає в наступному: якщо на систему, що знаходиться в стані рівноваги, подіяти ззовні (змінити концентрацію, тиск, температуру), то рівновага зміститься в бік тієї реакції, яка послаблює цю дію.

### **Приклади типових завдань**

1. Хімічна реакція відбувається з температурним коефіцієнтом 2. У скільки разів збільшиться швидкість реакції, якщо температура підвищиться на 30°C.

#### **Розв'язання:**

За правилом Вант-Гоффа  $V_{t2} / V_{t1} = \gamma^{\Delta T/10}$

Отже,  $V_{t2} / V_{t1} = 2^3 = 8$ .

2. За підвищення температури на  $40^{\circ}\text{C}$  швидкість реакції збільшилась в 25 разів. Знайти температурний коефіцієнт швидкості реакції та визначити, у скільки разів зменшиться швидкість реакції при зниженні температури на  $15^{\circ}\text{C}$ .

**Розв'язання:**

Визначаємо температурний коефіцієнт швидкості реакції, виходячи з правила Вант-Гоффа:

$$V_{t2}/V_{t1} = \gamma^{\Delta t / 10}$$

Спочатку запишемо значення  $\gamma^{\Delta t / 10} = \gamma^{40/10} = \gamma^4$ ; за умовою задачі відношення  $V_{t2}/V_{t1}$  дорівнює 25, тобто:

$$\gamma^4 = 25, \text{ тоді } \gamma = 25^{1/4} = 2,24.$$

За зниження температури на  $15^{\circ}\text{C}$  швидкість реакції зменшиться у

$$V_{t2}/V_{t1} = \gamma^{\Delta t / 10} = 2,24^{15/10} = 2,24^{1,5} = 3,35 \text{ рази.}$$

*Відповідь:* Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,24. Швидкість реакції зменшиться у 3,35 раза.

46. Визначте зміну швидкості в реакції, якщо температура змінюється від  $40$  до  $25^{\circ}\text{C}$ , а температурний коефіцієнт  $\gamma=2$ .

47. Як необхідно змінити температуру в реакції, щоб за температурного коефіцієнта  $\gamma=2$  швидкість реакції зменшилась в 6 разів?

48. Хімічна реакція з температурним коефіцієнтом  $\gamma=2$ , за температури  $20^{\circ}\text{C}$  відбувається за 20 хвилин. За скільки хвилин ця реакція закінчиться за температури  $60^{\circ}\text{C}$ .

49. Визначте зміну швидкості в реакції, якщо температура змінюється від  $25$  до  $35^{\circ}\text{C}$ , а температурний коефіцієнт  $\gamma=3$ .

50. Визначте зміну швидкості в реакції, якщо температура змінюється від  $20$  до  $55^{\circ}\text{C}$ , а температурний коефіцієнт  $\gamma=4$ .

51. Як необхідно змінити температуру в реакції, щоб за температурного коефіцієнта  $\gamma=3$  швидкість реакції збільшилась в 7 разів?

52. Хімічна реакція з температурним коефіцієнтом  $\gamma=2$ , за температури  $20^{\circ}\text{C}$  відбувається за 20 хвилин. За скільки хвилин ця реакція закінчиться за температури  $60^{\circ}\text{C}$ .

53. Визначте зміну швидкості в реакції, якщо температура змінюється від  $15$  до  $35^{\circ}\text{C}$ , а температурний коефіцієнт  $\gamma=4$ .

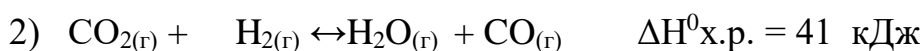
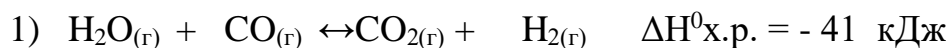
54. Визначте зміну швидкості в реакції, якщо температура змінюється від 40 до 85 °С, а температурний коефіцієнт  $\gamma=2$ .

55. Як необхідно змінити температуру в реакції, щоб за температурного коефіцієнта  $\gamma=2$  швидкість реакції збільшилась в 4 рази?

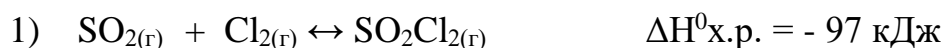
56. Хімічна реакція з температурним коефіцієнтом  $\gamma=4$ , за температури 30 °С відбувається за 25 хвилин. За скільки хвилин ця реакція закінчиться за температури 60 °С.

57. Визначте зміну швидкості в реакції, якщо температура змінюється від 25 до 40 °С, а температурний коефіцієнт  $\gamma=2$ .

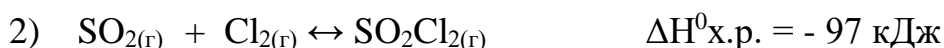
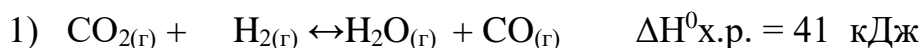
58. Визначте напрям зміщення рівноваги в реакціях при збільшенні температури



59. Визначте напрям зміщення рівноваги в реакціях при збільшенні тиску



60. Визначте напрям зміщення рівноваги в реакціях при зниженні температури



## Розчини. Способи вираження концентрації розчинів

### Приклади типових завдань

1. Визначте масову частку солі в розчині, утвореному під час розчинення 20 г солі в 180 г води.

Дано:

$$m(\text{солі})=20 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})=180 \text{ г}$$

$$w(\text{солі}) \text{ -?}$$

Розв'язання:

$$w = \frac{m_{\text{р.р.}}}{m_{\text{р-ну}}};$$

$$m_{\text{р-ну}} = m(\text{солі}) + m(\text{H}_2\text{O}). \quad m_{\text{р-ну}} = 20 + 180 = 200 \text{ (г)}.$$

$$w = \frac{20}{200} = 0,1; \text{ або } 0,1 \cdot 100\% = 10\%$$

Відповідь: 10%

2. Розрахуйте масу калій сульфату, що міститься в 150 г розчину з масовою часткою 0,04.

Дано:

$m(\text{р-ну})=150 \text{ г}$   
 $w(\text{K}_2\text{SO}_4)=0,04$

Розв'язання

З формули масової частки  $w = \frac{m_{\text{р.р.}}}{m_{\text{р-ну}}}$  виражаємо масу

$m(\text{K}_2\text{SO}_4)=?$

розчиненої речовини

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = m_{\text{р-ну}} \cdot w(\text{K}_2\text{SO}_4) = 150 \cdot 0,04 = 6 \text{ (г)}$$

Відповідь: 6 г

1. В харчовій промисловості в якості консерванта використовують Е 252 -калій нітрат. Розрахуйте, яку кількість його необхідно розчинити в 200 г води, щоб одержати 8% розчин.

Дано:

$m(\text{H}_2\text{O})=200 \text{ г}$   
 $w(\text{KNO}_3)=0,08$

Розв'язання:

Позначимо масу  $\text{KNO}_3$  через  $x$ , тоді маса розчину дорівнює  $(x+200)$ . Складемо рівняння за формулою масової частки

розчину:  $w = \frac{m_{\text{р.р.}}}{m_{\text{р-ну}}}$

$m(\text{KNO}_3)=?$

$$0,08 = \frac{x}{x + 200}, \text{ звідки } x=17,4$$

Відповідь: 17,4 г

4. Для дегазації і нейтралізації отруйних речовин в дихальних апаратах для очищення повітря, що видихається, від вуглекислого газу застосовують натрій гідроксид. Яку масу води необхідно взяти для розчинення 50 г натрій гідроксиду щоб одержати 30% розчин?

Дано:

$m(\text{NaOH})=50 \text{ г}$   
 $w(\text{NaOH})=0,3$

Розв'язання:

З формули масової частки  $w(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) / m_{\text{р-ну}}$  виражаємо масу розчину:

$m_{\text{р-ну}} = m(\text{NaOH}) / w(\text{NaOH}) = 50 / 0,3 = 166,7 \text{ (г)}$ . Оскільки  $m_{\text{р-ну}} = m(\text{NaOH}) + m(\text{H}_2\text{O})$ , то масу води розраховуємо, віднявши

$m(\text{H}_2\text{O}) = ?$

від маси розчину масу розчиненої речовини:  $m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ну}} - m(\text{NaOH}) = 166,7 - 50 = 116,7 \text{ (г)}$ .

Відповідь: 116,7 г.

5. Для пом'якшення води використовують катіоніти. Регенерацію Na-катіонітових фільтрів здійснюють 6-10% -м розчином кухонної солі, в результаті катіоніт переходить в Na-форму, регенерується. Обчисліть масу натрій хлориду та об'єм води, які треба взяти, щоб приготувати 300 кг розчину натрій хлориду масою з масовою часткою солі 5%

Дано:

$m(\text{р-ну})=300 \text{ кг}$   
 $w(\text{NaCl})=0,05$

Розв'язання:

$m(\text{NaCl})$ -? $V(\text{H}_2\text{O})$ -?	$w = \frac{m_{\text{р.р.}}}{m_{\text{р-ну}}}, \text{ звідки } m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-ну}} \cdot w(\text{NaCl}) =$ $= 300 \cdot 0,05 = 15 \text{ (кг)}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ну}} - m(\text{NaCl}) = 300 - 15 = 285 \text{ (кг)}$ $V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})}; \quad V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{285}{1} = 285 \text{ (л)}$ <p><i>Відповідь:</i> 285 л.</p>
---	--

**6.** В обробці руд, особливо під час видобутку рідкісних елементів, в тому числі урану, іридію, цирконію, осмію і т. п. застосовують сульфатну кислоту. Розрахувати об'єм концентрованої (96%)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (густиною 1,84 г/мл) та води, які необхідно взяти для приготування 150 л 15% розчину, якщо його густина 1,1 кг/л.

**Дано:**

$V_{15\% \text{ р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 150$ $l$ $w(\text{H}_2\text{SO}_4)_2 = 0,15$ $w(\text{H}_2\text{SO}_4)_1 = 0,96$ $\rho_{15\% \text{ р-ну}} = 1,1 \text{ кг/л}$	<p><b>Розв'язання:</b></p> <p>1. Розрахуємо масу розчину, який треба приготувати:</p> $m_{\text{р-ну}} = V_{\text{р-ну}} \cdot \rho = 150 \text{ л} \cdot 1,1 \text{ кг/л} = 165 \text{ кг.}$ <p>2. Знайдемо масу <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>, яка повинна міститися в даному розчині:</p> $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / m_{\text{р-ну}}; \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_{\text{р-ну}} = 0,15 \cdot 165 = 24,75 \text{ (кг).}$ <p>3. Розрахуємо масу <u>концентрованого розчину <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math></u>, в якому міститься необхідна кількість кислоти:</p> $m_{96\% \text{ р-ну}} = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 24,75 / 0,96 = 25,78 \text{ (кг).}$ <p>4. Розрахуємо масу води, в якій потрібно розчинити визначену масу концентрованого розчину кислоти.</p> $m_{15\% \text{ р-ну}} = m_{96\% \text{ р-ну}} + m(\text{H}_2\text{O}); \quad m(\text{H}_2\text{O}) = m_{15\% \text{ р-ну}} - m_{96\% \text{ р-ну}};$ $m(\text{H}_2\text{O}) = m_{15\% \text{ р-ну}} - m_{96\% \text{ р-ну}} = 165 - 25,78 = 139,22 \text{ (кг).}$ <p>Оскільки <math>\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ кг/л}</math>, то <math>V_{\text{р-ну}} = m_{\text{р-ну}} / \rho = 139,2 \text{ л.}</math></p> <p>4. Визначимо об'єм відповідної кількості концентрованого розчину кислоти:</p> $m_{\text{р-ну}} = V_{\text{р-ну}} \cdot \rho; \quad V_{\text{р-ну}} = m_{\text{р-ну}} / \rho = 25,78 \text{ кг} / 1,84 \text{ кг/л} = 14 \text{ л.}$ <p><i>Відповідь:</i> 139,2 л води та 14 л 96% розчину сульфатної кислоти.</p>
--	---

$V_{96\% \text{ р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4)$ -? $V(\text{H}_2\text{O})$ -?
---

**7.** В якості окисника ракетного палива і у виробництві мінеральних добрив використовують нітратну кислоту. Визначте масову частку нітратної кислоти в розчині, 1 л якого містить 224 г  $\text{HNO}_3$ , густина розчину 1,12 г/мл.

**Дано:**

$V_{\text{р-ну}}(\text{HNO}_3) = 1 \text{ л}$ $m(\text{HNO}_3) = 224 \text{ г}$ $\rho_{\text{р-ну}} = 1,12 \text{ г/мл}$	<p><b>Розв'язання:</b></p> <p>Маса розчину: <math>m = \rho V = 1,12 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1120 \text{ г.}</math></p> <p>Масова частка розчиненої речовини буде:</p> $\omega = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{розчину})} = \frac{224 \text{ г}}{1120 \text{ г}} = 0,2 = 20\%.$
--	--

$w(\text{HNO}_3)$ -?
----------------------

Відповідь: 20%.

8. Розрахувати необхідну кількість 25 % розчину амоній гідроксиду (з густиною 0,91 г/л) для приготування 100 мл 5 н розчину.

Дано:	Розв'язання:
$w_1(\text{NH}_4\text{NO}_3)=25\%$ $\rho_1=0,91 \text{ г/л}$ $V_{\text{р-ну}}=100 \text{ мл}$ $C_{\text{н2}}=5 \text{ моль/л}$ $V_{\text{р-ну}}(\text{NaOH})=?$	<p>1. Розрахуємо кількість еквівалентів речовини <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>, яка повинна міститися в 100 мл (0,1 л) розчину з нормальною (молярною еквівалентною) концентрацією 5 моль/л :</p> $C_{\text{н}} = \nu_{\text{екв}} / V, \nu_{\text{екв}} = C_{\text{н}} \cdot V.$ $\nu_{\text{екв}} = C_{\text{н}} \cdot V = 5 \cdot 0,1 = 0,5 \text{ моль.}$ <p>2. Оскільки амоній гідроксид- однокислотна основа, то його еквівалент дорівнює 1, відповідно <math>\nu_{\text{екв}} = \nu</math>. Визначимо масу <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>, яка містить 0,5 моль речовини:</p> $m = \nu \cdot M = 0,5 \text{ моль} \cdot 35 \text{ г/моль} = 17,5 \text{ г.}$ <p>3. Розрахуємо масу 25% розчину, що містить 17,5 г <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>:</p> $\omega(\text{NH}_4\text{OH}) = m(\text{NH}_4\text{OH}) / m_{\text{р-ну}};$ $m_{\text{р-ну}} = m(\text{NH}_4\text{OH}) / \omega(\text{NH}_4\text{OH}).$ $m_{\text{р-ну}} = 17,5 \text{ г} / 0,25 = 70 \text{ г.}$ <p>4. Визначимо об'єм 70 г 25% розчину <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>:</p> $m_{\text{р-ну}} = V_{\text{р-ну}} \cdot \rho; V_{\text{р-ну}} = m_{\text{р-ну}} / \rho$ $V_{\text{р-ну}} = m_{\text{р-ну}} / \rho = 70 \text{ г} / 0,910 \text{ г/мл} = 76,9 \text{ мл.}$ <p>Відповідь: 76,9 мл 25% розчину <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>.</p>

9. Розрахувати молярну концентрацію розчину, якщо під час розчинення натрій гідроксиду масою 120 г одержали розчин об'ємом 2 л.

Дано:	Розв'язання:
$m(\text{NaOH}) = 120 \text{ г}$ $V_{\text{р-ну}} = 2 \text{ л}$ $C_{\text{М}}(\text{NaOH})=?$	$C_{\text{М}}(\text{NaOH}) = \nu(\text{NaOH}) / V_{\text{р-ну}};$ $\nu(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) / M(\text{NaOH});$ $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г / моль}$ <p>1) <math>\nu(\text{NaOH}) = 120 / 40 = 3 \text{ моль.}</math> 2) <math>C_{\text{М}}(\text{NaOH}) = 3 / 2 = 1,5 \text{ моль / л.}</math></p> <p>Відповідь: 1,5 моль/л.</p>

10. Для боротьби з цвітінням води у водосховищах, зокрема, використовується хімічна обробка мідним купоросом. Розрахувати масу мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ , яку треба взяти для приготування 200 мл 2 М розчину  $\text{CuSO}_4$ .

Дано:	Розв'язання:
$V_{\text{р-ну}}(\text{CuSO}_4) = 200 \text{ мл}$	

$$C_M = 2 \text{ моль/л}$$

$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}) = ?$

1. Розрахуємо кількість речовини  $\text{CuSO}_4$ , що повинна міститися в розчині:

$$C_M = v/V, \quad v = C_M \cdot V.$$

$$v(\text{CuSO}_4) = 2 \text{ моль/л} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,4 \text{ моль}.$$

2. Розрахуємо масу  $\text{CuSO}_4$ , що відповідає розрахованій кількості речовини:

$$m = v \cdot M$$

$$m(\text{CuSO}_4) = v \cdot M = 0,4 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 64 \text{ г}.$$

3. Розрахуємо масу кристалогідрату  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ , яка містить розраховану масу  $\text{CuSO}_4$ .

Виходячи з молярних мас солі  $\text{CuSO}_4$  та її кристалогідрату  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ , складаємо та розв'язуємо пропорцію:

В 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$  міститься 160 г  $\text{CuSO}_4$ ,

В  $x$  г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$  міститься 64 г  $\text{CuSO}_4$ .

$X = 250 \cdot 64 / 160 = 100$  г, тобто в 100 г мідного купоросу міститься 64 г  $\text{CuSO}_4$ .

*Відповідь:* 64 г

61. Розрахуйте масову частку розчину, утвореного при розчиненні 50 г натрій хлориду в 200 г води.

62. Яку масу калій нітрату необхідно розчинити в 200 г води, щоб одержати 8% розчин.

63. Яку масу води необхідно взяти для розчинення 50 г натрій гідроксиду, щоб одержати 30% розчин?

64. Розрахуйте масову частку розчину, утвореного під час розчинення 20 г натрій сульфату в 400 г води

65. Розрахуйте масову частку розчину, утвореного під час розчинення 10 г натрій хлориду в 350 г води

66. Розрахуйте масову частку розчину, утвореного під час розчинення 28 г магній хлориду в 300 г води

67. Яку масу калій сульфату необхідно розчинити в 200 г води, щоб одержати 5% розчин?

68. Яку масу магній хлориду необхідно розчинити в 220 г води, щоб одержати 8% розчин?

69. Яку масу калій хлориду необхідно розчинити в 150 г води, щоб одержати 7% розчин?

70. Яку масу кальцій хлориду необхідно розчинити в 180 г води, щоб одержати 3% розчин?
71. Яку масу води необхідно взяти для розчинення 60 г калій гідроксиду, щоб одержати 20% розчин?
72. Яку масу води необхідно взяти для розчинення 55 г натрій хлориду, щоб одержати 15% розчин?
73. Яку масу води необхідно взяти для розчинення 28 г натрій гідроксиду, щоб одержати 10% розчин?
74. Розрахуйте масову частку розчину, утвореного під час розчинення 25 г натрій сульфату в 400 г води.
75. Розрахуйте масову частку розчину, утвореного під час розчинення 15 г кальцій хлориду в 350 г води.
76. В якій масі води необхідно розчинити 100 г кристалогідрату  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , щоб утворився розчин магній сульфату з масовою часткою 0,16 ?
77. Яку масу кристалогідрату  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  необхідно розчинити в 600 г води, щоб одержати 25% розчин магній нітрату?
78. Обчисліть масу натрій хлориду, яка міститься в 400 мл розчину з масовою часткою солі 18% і густиною  $1,15 \text{ г/см}^3$ .
79. До 150 г розчину калій нітрату з масовою часткою солі 30% додали 100 мл води. Знайдіть масову частку солі в новоутвореному розчині.
80. Визначте молярну концентрацію розчину, який одержали змішуванням 400 мл розчину сульфатної кислоти з молярною концентрацією 9 моль /л і густиною  $1,49 \text{ г/мл}$  та 600 мл розчину цієї кислоти з концентрацією 2 моль/л і густиною  $1,12 \text{ г/мл}$ , якщо густина одержаного розчину  $1,24 \text{ г/мл}$
81. Обчисліть масу розчину магній сульфату з масовою часткою солі 10%, який необхідно взяти для приготування 300 мл 0,5 М розчину цієї солі
82. Скільки літрів води необхідно додати до 500 мл розчину нітратної (V) кислоти з масовою часткою 40% і густиною  $1,25 \text{ г/см}^3$ , щоб утворився розчин з масовою часткою кислоти 10%.



83. Визначте масу води, в якій необхідно розчинити 50 г калій сульфату для одержання розчину з масовою часткою речовини 10 %.
84. Визначте масову частку сульфатної кислоти у розчині, одержаному розчиненням 33,6 л сульфур триоксиду у 245,25 г води (н.у.).
85. Визначте масову частку ферум (II) сульфату у розчині, одержаному розчиненням 83,4 г залізного купоросу  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  в 516,6 г води.
86. Яку нормальну концентрацію буде мати розчин сульфатної кислоти, густина якого 1,73, якщо він утворений з 10 г розчину з молярною концентрацією 4 моль/л і густиною 1,23 г/мл та 90 г розчину з молярною концентрацією 15 моль/л і густиною 1,76?
87. Маємо 10% розчин сульфатної кислоти ( $\rho = 1,07$  г/мл). Обчислити молярність, нормальність, моляльність розчину та молярну частку в ньому кислоти.
88. Обчисліть молярну концентрацію розчину хлоридної кислоти з масовою часткою 25 %, якщо його густина складає 1,2 г/мл.
89. Скільки грамів кристалічної соди  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  потрібно взяти для приготування 250 мл 0,1 N розчину натрій карбонату?
90. Скільки літрів води необхідно додати до 400 мл розчину нітратної (V) кислоти з масовою часткою 40% і густиною  $1,25$  г/см<sup>3</sup>, щоб утворився розчин з масовою часткою кислоти 15%.

## Електролітична дисоціація

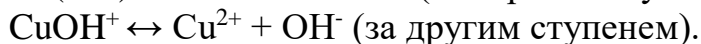
### *Приклади типових завдань*

**1.** Скласти рівняння електролітичної дисоціації для таких речовин: а) хлоридна кислота; б) купрум(II) гідроксид; в) ферум(III) сульфат; г) кальцій дигідрогенортофосфат.

### **Розв'язання:**

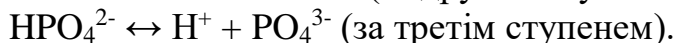
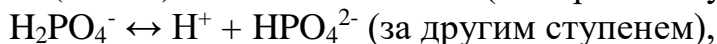
**а)** Хлоридна (соляна) кислота – сильний електроліт, тому в водних розчинах дисоціює практично повністю:  $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ ;

б) Купрум (II) гідроксид – слабкий електроліт, піддається частковій дисоціації за двома ступенями:



в) Ферум (III) сульфат – сильний електроліт, добре розчинна сіль, тому дисоціює повністю, в одну стадію:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \leftrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$ .

г) Кальцій дигідрогенортофосфат – кисла сіль, яка за першим ступенем дисоціює повністю як сильний електроліт, а за другим і третім – тільки частково, як слабкий електроліт:

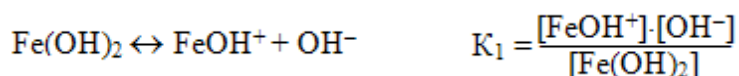


2. Написати рівняння дисоціації основ: калій гідроксиду і ферум (II) гідроксиду, скласти вираз константи дисоціації.

#### Розв'язання:

Калій гідроксид – луг, належить до сильних електролітів і піддається у розчинах повній дисоціації:  $\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$ . Оскільки KOH є сильним електролітом, він не підкоряється закону діючих мас і константа дисоціації для нього не записується.

Ферум(II) гідроксид, навпаки, належить до слабких електролітів, тому дисоціює за двома ступенями, кожній з яких відповідає свій вираз константи дисоціації:



3. Розрахуйте ступінь дисоціації дигідроген сульфідної кислоти за першим ступенем у 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації для цього ступеня дорівнює  $1,1 \cdot 10^{-7}$ .

#### Розв'язання:

Константа дисоціації ( $K_D$ ) та ступінь дисоціації ( $\alpha$ ) слабого електроліту пов'язані між собою співвідношенням (закон розведення Оствальда)

$$K_D = \alpha^2 C_M / (1 - \alpha),$$

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

У випадку дуже розведених розчинів (дуже слабких електролітів) ( $\alpha \ll 1$ ) вираз закону Оствальда спрощують

$$K_D = \alpha^2 C_M$$

Дигідроген сульфідна кислота дуже слабка, тому

$$\alpha \approx \sqrt{\frac{K}{C}}$$

$$\alpha = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-7} / 0,1} = 1,05 \cdot 10^{-3}.$$

Відповідь:  $1,05 \cdot 10^{-3}$

4. Визначте концентрацію іонів  $\text{OH}^-$  у 0,01 М розчині амоній гідроксиду, якщо  $K_D=1,77 \cdot 10^{-5}$ .

**Дано:**

$$C_M=10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$K_D=1,77 \cdot 10^{-5}$$

**Розв'язання:**



Концентрація гідроксид- іонів у даному розчині залежить від молярної концентрації електроліту та від його ступеня дисоціації  $[\text{OH}^-] = \alpha C$ .

$$\alpha \approx \sqrt{\frac{K}{C}}$$

Ступінь дисоціації  $\text{NH}_4\text{OH}$

$$\alpha = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-5} / 10^{-2}} = 0,042.$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-2} \cdot 0,042 = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}.$$

**Відповідь:**  $[\text{OH}^-] = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$

$[\text{OH}^-] = ?$

5. Молярна концентрація  $\text{H}^+$ -йонів у розчині ацетатної кислоти концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup> становить  $1,3 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. Обчислити константу і ступінь дисоціації кислоти.

**Дано:**

$$C(\text{CH}_3\text{COOH}) =$$

$$0,1 \text{ моль/дм}^3$$

$$[\text{H}^+] = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3$$

**Розв'язання:**

$$\alpha = C_{\text{дис}} / C_{\text{заг}}.$$

Закон розведення Оствальда в наближенні:

$$K_a = \alpha^2 C$$



$$\alpha = [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{дис}}] / [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{заг}}];$$

У стані рівноваги

$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{дис}}]$$

$$\alpha = 1,3 \cdot 10^{-3} / 0,1 = 0,013$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{заг}}] = [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{дис}}] + [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{недис}}];$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{недис}}] = [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{заг}}] - [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{дис}}] = 0,1 - 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,0987 \text{ (моль/л)}.$$

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = [\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-] / [\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{недис}}]$$

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = (1,3 \cdot 10^{-3})^2 / 0,0987 = 1,71 \cdot 10^{-5}$$

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = \alpha^2 \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH});$$

$$\alpha = \sqrt{K_a / C} = \sqrt{1,71 \cdot 10^{-5} / 0,1} = 0,013$$

**Відповідь:**  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,71 \cdot 10^{-5}; \alpha = 0,013$

5. Скільки грамів  $\text{KNO}_3$  розпалося на йони в 500 мл розчину з концентрацією 0,8М, якщо  $\alpha = 70\%$ ?

**Дано:**

$$V(\text{р-ну}) = 500 \text{ мл} =$$

$$0,5 \text{ л}$$

$$C_M(\text{KNO}_3) = 0,8 \text{ моль/л}$$

**Розв'язання:**

Калій нітрат належить до сильних електролітів, тому практично повністю розкладається на йони:



$$\alpha = 70\%$$

$$m(\text{KNO}_3)_{\text{дис.}} - ?$$

Знайдемо загальну кількість речовини калій нітрату:  
 $v(\text{KNO}_3)_{\text{заг}} = C_M \cdot V_{\text{р-ну}} = 0,8 \cdot 0,5 = 0,4$  (моль).  
 Ступінь дисоціації ( $\alpha = 70\%$ ) показує, скільки відсотків загальної кількості піддається дисоціації, або в частках одиниці:  $\alpha = 0,7$ .  
 Обчислимо кількість речовини і масу солі  $\text{KNO}_3$ , що розпалася на йони, які позначимо відповідно  $v(\text{KNO}_3)_{\text{дис}}$  і  $m(\text{KNO}_3)_{\text{дис}}$ :  
 $v(\text{KNO}_3)_{\text{дис}} = \alpha \cdot v(\text{KNO}_3)_{\text{заг}} = 0,7 \cdot 0,4 = 0,28$  моль.  
 $m(\text{KNO}_3)_{\text{дис.}} = v(\text{KNO}_3)_{\text{дис}} \cdot M(\text{KNO}_3) = 0,28 \cdot 101 = 28,3$  г.  
**Відповідь:**  $m(\text{KNO}_3)_{\text{дис.}} = 28,3$  г

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

**Дано:**  
 $V_{\text{вих.р-ну}} = 200$  мл =  
 0,2 л,  
 $C_M = 0,1$ М =  
 0,1 моль/л.  
 $V(\text{H}_2\text{O}) = 800$  мл =  
 0,8 л.  
 $\alpha_1/\alpha - ?$

**Розв'язання:**  
 Амоній гідроксид – слабка основа, тому піддається лише частковій дисоціації:  
 $\text{NH}_4\text{OH} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ .  
 Кількість речовини у вихідному розчині:  
 $v(\text{NH}_4\text{OH})_{\text{вих}} = C_M \cdot V_{\text{розч}} = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02$  (моль).  
 Величину константи дисоціації основи  $\text{NH}_4\text{OH}$  візьмемо з довідника. Ступінь дисоціації обчислимо за законом розведення Оствальда:  

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 0,013$$
 (або 1,3%).  
 Після додавання до вихідного розчину 800 мл води, об'єм одержаного розчину складає:  
 $V_{\text{р-ну1}} = V_{\text{вих.р-ну}} + V(\text{H}_2\text{O}) = 200 + 800 = 1000$  мл = 1 (л),  
 а концентрація основи в одержаному розчині:  
 $C_{M1} = v(\text{NH}_4\text{OH})_{\text{вих}} / V_{\text{р-ну}} = 0,02 / 1 = 0,02$  (моль/л).  
 Після розведення розчину ступінь дисоціації становить:  

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{0,02}} = 0,09$$
 (або 9,0%).  
 Внаслідок додавання до вихідного розчину води ступінь дисоціації збільшився у  $\alpha_1/\alpha = 9,0/1,3 \approx 7$  разів.  
**Відповідь:**  $\alpha_1/\alpha = 7$  разів.

7. Обчислити рН в розчині  $\text{HCl}$  з молярною концентрацією кислоти 0,08 моль/л.

**Дано:**  
 $C_M(\text{HCl}) = 0,08$  моль/л

**Розв'язання:**  
 $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+];$

рН- ?	Оскільки HCl - сильний електроліт $[H^+] = C_m \text{ кислоти} = 0,08 \text{ моль/л}$ $pH = - \lg 0,08 = 1,09$ <b>Відповідь:</b> рН = 1,09
-------	---

8. Обчислити рН в розчині H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> з масовою часткою 6% і густиною розчину 1,038 моль/л.

<b>Дано:</b> w (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 0,06 ρ = 1,038 г/мл рН- ?	<b>Розв'язання:</b> Для розрахунку рН використовується молярна концентрація електроліту $C_m = \rho \cdot w \cdot 1000 / M$ $C_m = 1,038 \cdot 0,06 \cdot 1000 / 98 = 0,636 \text{ (моль/л)}$ . H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – сильна кислота, при визначеній концентрації повністю дисоційована, то $H_2SO_4 \leftrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$ Тоді $[H^+] = 2C_m = 1,27 \text{ моль/л}$ $pH = - \lg [H^+]$ ; $pH = - \lg 1,27 = - 0,1$ <b>Відповідь:</b> рН = - 0,1.
---	--

9. Для нейтралізації кислих стоків підприємства використовують натрій гідроксид. Обчислити рН в розчині NaOH для приготування якого взяли 0,7 кг твердого луку і утворили 250 л розчину.

<b>Дано:</b> m (NaOH) = 0,7 кг V <sub>розчину</sub> = 250 л рН- ?	<b>Розв'язання:</b> Для розрахунку рН використовується молярна концентрація електроліту: $C_m = v/V$ ; $v(\text{NaOH}) = m/M$ ; $v(\text{NaOH}) = 0,7/40 = 0,0175 \text{ (кмоль)} = 17,5 \text{ (моль)}$ ; $C_m = 17,5 / 250 = 0,07 \text{ (моль/л)}$ ; $pH = 14 - pOH$ ; $pOH = - \lg [OH^-]$ ; Для NaOH- сильного електроліту відбувається повна дисоціація, тому: Тому: $[OH^-] = C_m(\text{NaOH}) = 0,07 \text{ моль/л}$ ; $pOH = - \lg 0,07 = 1,15$ . $pH = 14 - 1,15 = 12,85$ <b>Відповідь:</b> рН = 12,85
--	--

10. Водневий показник розчину хлоридної кислоти дорівнює 2,1. Визначте концентрацію хлоридної кислоти в розчині.

<b>Дано:</b> рН (HCl) = 2,1 C <sub>m</sub> (HCl) - ?	<b>Розв'язання:</b> рН = - lg [H <sup>+</sup> ], відповідно $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,1} = 0,008 \text{ моль/л}$ У розчині сильна хлоридна кислота повністю дисоціює на йони: $HCl \leftrightarrow H^+ + Cl^-$ . 1 моль йонів H <sup>+</sup> утворюється з 1 моль HCl,
--	---

а 0,008 моль йонів  $H^+$  утворюються з 0,008 моль  $HCl$ .

**Відповідь:**  $C_m(HCl) = 0,008$  моль/л

**11.** Обчисліть рН в розчині ацетатної (оцтової) кислоти з молярною концентрацією 0,05 моль/дм<sup>3</sup>.  $K_a(CH_3COOH) = 1,75 \cdot 10^{-5}$

Дано:	Розв'язання
$C_m(CH_3COOH) = 0,05$ моль/дм <sup>3</sup>	$CH_3COOH \leftrightarrow H^+ + CH_3COO^-$ ; $[H^+] = [CH_3COO^-]$
$K_a(CH_3COOH) = 1,75 \cdot 10^{-5}$	$K_a(CH_3COOH) = [H^+] \cdot [CH_3COO^-] / C_m$ ; або: $K_a = [H^+]^2 / C_m$ ; звідки $[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_m} = \sqrt{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05} = 9,35 \cdot 10^{-4}$ моль/л;
рН- ?	$pH = -\lg 9,35 \cdot 10^{-4} = 3$

**Відповідь:** рН = 3

**12.** Один з показників, що регламентується для оцінки гранично допустимого скиду -це рН зворотних вод. Визначити рН розчину, одержаного після змішування однакових об'ємів розчинів  $HCl$  із  $C_H = 0,3$  моль/л та  $NaOH$  із  $C_H = 0,1$  моль/л.

Дано:	Розв'язання:
$C_H(HCl) = 0,3$ моль/л; $C_H(NaOH) = 0,1$ моль/л $V(HCl) = V(NaOH)$ ;	Під час змішування розчинів кислота та луг реагують за рівнянням нейтралізації: $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ ;
рН = ?	З рівняння видно, що кислота та луг реагують у співвідношенні 1 : 1. Так як кислоти було взято 0,3 моль, а 0,1 моль вступає в реакцію, то після реакції в розчині залишилося кислоти: $v(HCl)_{зал} = 0,3 - 0,1 = 0,2$ (моль). Оскільки об'єм суміші збільшився в 2 рази, то концентрація кислоти в розчині : $C_m = v/V = 0,2 / 2 = 0,1$ моль/л;
h - ? рН - ?	1) Знаходимо рН розчину, що утворився: $[H^+] = [HCl] = 0,1 = 10^{-1}$ моль/л. $pH = -\lg [H^+] = -\lg 10^{-1} = 1$ .

**Відповідь:** рН = 1.

91. Визначте рН розчинів слабких електролітів: а) 0,01М амоній гідроксиду; б) 0,05М оцтової кислоти.

92. Визначте концентрації  $H^+$  та  $OH^-$  у розчині, рН якого дорівнює 5,8.

93. Як зміниться рН розчину  $HNO_3$ , якщо до 60мл 0,1Н розчину її додати 10 мл води?

94. Як зміниться рН розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$ , якщо до 100мл 0,1Н розчину його додати 35мл води?

95. Визначити рН розчину, одержаного після змішування однакових об'ємів розчинів  $\text{HCl}$  із  $C_{\text{H}} = 0,5$  моль/л та  $\text{NaOH}$  із  $C_{\text{H}} = 0,2$  моль/л.

96. Визначте рН розчину, одержаного під час розчинення 112л  $\text{HCl}$  в 480 л води за нормальних умов.

97. Визначте рН розчину, одержаного під час розчинення 4,8 г натрій гідроксиду в 9 л води.

98. Визначте концентрацію іонів  $\text{H}^+$  (в моль/л) в розчині нітратної кислоти об'ємом 3 л, для приготування якого розчинили 2,78 г кислоти. Прийняти ступінь дисоціації кислоти 100%.

99. Розрахувати рН розчину  $\text{HCl}$  з молярною концентрацією 0,003 моль/л.

100. Розрахувати рН розчину  $\text{KOH}$  з молярною концентрацією 0,004 моль/л.

101. Розрахувати рН розчину хлоридної кислоти, 500 мл якого містить 9,5 г  $\text{HCl}$ .

102. Розрахувати рН розчину натрій гідроксиду, 350 мл якого містить 1,6 г  $\text{NaOH}$ .

103. Розрахувати рН розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з молярною концентрацією 0,02 моль/л.

104. Обчисліть рН 0,3 М розчину кальцій гідроксиду, вважаючи дисоціацію основи повною.

105. Визначте рН та рОН розчинів, у яких концентрація гідроген-катионів (моль/л) дорівнює  $6,4 \cdot 10^{-3}$ .

#### **Задачі з екологічним змістом**

106. Скільки кг ртуті на добу викидає технологічна установка, якщо за годину вона скидає 1000 л стічних вод, концентрація ртуті в яких становить 6 мг/л?

107. Скільки літрів 20%-ї хлоридної кислоти, густиною  $1,098 \text{ г/см}^3$ , буде потрібно для нейтралізації 600 л 6 М лужної стічної води?

108. Кислоти, що містяться у стічних водах машинобудівних виробництв, нейтралізують вапняним молоком (розчином  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Скільки літрів вапняного молока, що містить 400 г/л  $\text{CaO}$ , потрібно для нейтралізації 200 л 6%-го розчину хлоридної кислоти, густиною 1,03 г/см<sup>3</sup> ?

109. Визначити концентрації іонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  у стічній воді, водневий показник якої рівний 3,8?

110. Для очищення стічної води від токсичного шестивалентного хрому (у вигляді  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) в якості відновника використовували  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Напишіть рівняння реакції і розрахуйте кількість сульфіту натрію, необхідного для повного відновлення 600 г шестивалентного хрому ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ).

111. Для очищення стічної води від токсичного шестивалентного хрому (у вигляді  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) в якості відновника використовували  $\text{FeSO}_4$ . Напишіть рівняння реакції і розрахуйте кількість залізного купоросу, необхідного для повного відновлення 700 г шестивалентного хрому.

112. Суміш бромідів натрію та калію застосовують у медицині як заспокійливий засіб. Знайти кількість бромід-іонів, які надійшли до організму після прийому 10 мл розчину, який містить по 30 г броміду натрію та броміду калію в 1 літрі.

113. При абсорбції  $\text{SO}_2$  вапняним молоком ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) поглинається 1,2 кг  $\text{SO}_2$ . Скільки витрачено літрів вапняного молока, якщо концентрація його 10 % (мас.), а густина 1,12 г/мл?

114. При вловлюванні  $\text{SO}_2$  аміачною водою ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) поглинається 1,3 кг  $\text{SO}_2$ . Скільки витрачено літрів аміачної води, якщо концентрація її 10 мас. %, а густина 0,958 г/мл?

115. При абсорбції хлору із промислового газу, що містить 10 % об.  $\text{Cl}_2$  витрачено 7,8 л 10 % розчину  $\text{NaOH}$  густиною 1,1 г/мл. Скільки м<sup>3</sup> промислового газу пропущено через абсорбент?

116. Для поглинання нітроген діоксиду газу, що відходять, обробляють водою. Розрахуйте, скільки літрів  $\text{NO}_2$  міститься у 1 л газів, що відходять, якщо при пропусненні 100 л газу через 5 л води одержали 5 кг 1%-ного розчину нітратної кислоти?



117. Гідроелектростанція щодоби спалює 1115 т кам'яного вугілля з середнім вмістом Сульфуру 7,1%. Визначити річний викид  $\text{SO}_2$  в атмосферу та кількість сульфатної кислоти, яка може утворитися при очищенні викидів сульфур діоксиду.

118. Сульфур (IV) оксид є екологічно небезпечною сполукою, оскільки спричиняє кислотні дощі. Складіть рівняння взаємодії цієї сполуки з водою і обчисліть масу сульфітної кислоти, що утворюється при цьому, якщо викиди сульфур (IV) оксиду становлять близько 422 кг.

119. Для боротьби з фітофторою у сільському господарстві застосовують розчин мідного купоросу. Для цього зазвичай готують 1,5 % розчин купрум(II) сульфату для обробки ґрунту та рослин. Розрахуйте масу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , який необхідно для виготовлення 320 кг такого розчину.

120. В атмосферу викидається 2000 т  $\text{SO}_2$ . З цієї кількості відходів уловлюється лише 64%. Визначити, яка кількість  $\text{CaCO}_3$  необхідна для поглинання цієї кількості сульфур діоксиду.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Хімія [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями галузі знань 10 «Природничі науки» / А. В. Підгорний, Т. М. Назарова, Т. І. Дуда; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані: (1 файл: 13 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 350 с.
2. Хімія. Підручник. Частина І. Загальна хімія. За ред. акад. УАН Голубєва А.В. – К.: Кондор-Видавництво., 2016. – 264 с. Зб.формат.
3. Замай Ж. В. Хімія навколишнього середовища. Частина 1. Загальна хімія : навч. посіб. для здобувачів першого рівня вищої освіти за спеціальністю 101 – Екологія / Ж. В. Замай, С. В. Ткаченко. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2020. – 124 с.
4. Хімія з основами біогеохімії : навч. посіб. / Б. М. Федішин, та ін. Житомир: ЖНАЕУ, 2010. 546 с.
5. Environmental Chemistry. Fundamentals / Jorge G. Ibanez, Margarita Hernandez-Esparza, Carmen Doria-Serrano, Arturo Fregoso-Infante, Mono Mohan Singh., New York, NY Springer, 2007. 334 p.

**ДОДАТКИ**  
*Додаток А*

**Таблиця Д 1- Відносні атомні маси та електронегативності (за Полінгом) елементів Періодичної таблиці Д.І. Менделєєва.**

	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	1. 2,1 <b>H</b> <b>1.0</b> Гідроген						
2	3. 1,0 <b>Li</b> <b>6.9</b> Літій	4. 1,5 <b>Be</b> <b>9.0</b> Берилій	5. 2,0 <b>B</b> <b>10.8</b> Бор	6. 2,5 <b>C</b> <b>12.0</b> Карбон	7. 3,0 <b>N</b> <b>14.0</b> Нітроген	8. 3,5 <b>O</b> <b>16.0</b> Оксиген	9. 4,0 <b>F</b> <b>19.0</b> Флюор
3	11. 0,9 <b>Na</b> <b>23.0</b> Натрій	12. 1,2 <b>Mg</b> <b>24.3</b> Магній	13. 1,5 <b>Al</b> <b>27</b> Алюміній	14. 1,8 <b>Si</b> <b>28.1</b> Силіцій	15. 2,1 <b>P</b> <b>31.0</b> Фосфор	16. 2,5 <b>S</b> <b>32.0</b> Сульфур	17. 3,0 <b>Cl</b> <b>35.5</b> Хлор
4	19. 0,8 <b>K</b> <b>39.0</b> Калій	20. 1,0 <b>Ca</b> <b>40.0</b> Кальцій	21. 1,3 <b>Sc</b> <b>44.9.</b> <i>Скандій</i>	22. 1,5 <b>Ti</b> <b>47.9.</b> <i>Титан</i>	23. 1,6 <b>V</b> <b>50.9.</b> <i>Ванадій</i>	24. 1,6 <b>Cr</b> <b>52.0.</b> <i>Хром</i>	25. 1,5 <b>Mn</b> <b>54.9</b> <i>Манган</i>
	29. 1,9 <b>Cu</b> <b>63.5</b> Купрум	30. 1,6 <b>Zn</b> <b>65.4</b> Цинк	31. 1,6 <b>Ga</b> <b>69.7</b> Галій	32. 1,8 <b>Ge</b> <b>72.6</b> Германій	33. 2,0 <b>As</b> <b>74.9</b> Арсен	34. 2,4 <b>Se</b> <b>79.0</b> Селен	35. 2,8 <b>Br</b> <b>79.9</b> Бром
5	37. 0,8 <b>Rb</b> <b>85.5</b> Рубідій	38. 1,0 <b>Sr</b> <b>87.6</b> Стронцій	39.1,2 <b>Y</b> <b>88.9</b> <i>Ітрій</i>	40.1,4 <b>Zr</b> <b>91.2</b> <i>Цирконій</i>	41.1,6 <b>Nb</b> <b>92.9</b> <i>Ніобій</i>	42.1,8 <b>Mo</b> <b>95.9</b> <i>Молибден</i>	43.1,9 <b>Tc</b> <b>98.9</b> <i>Технецій</i>
	47.1,9 <b>Ag</b> <b>107.9</b> <i>Аргентум</i>	48.1,7 <b>Cd</b> <b>112.4</b> <i>Кадмій</i>	49.1,7 <b>In</b> <b>114.8</b> <i>Індій</i>	50. 1,8 <b>Sn</b> <b>118.7</b> Станум	51. 1,9 <b>Sb</b> <b>121.7</b> Стибій	52. 2,1 <b>Te</b> <b>127.6</b> Телур	53. 2,5 <b>I</b> <b>126.9</b> Іод
6	55.0,7 <b>Cs</b> <b>132.9</b> Цезій	56. 0,9 <b>Ba</b> <b>137.3</b> Барій	57.1,1 <b>La</b> <b>138.9</b> <i>Лантан</i>	72.1,3 <b>Hf</b> <b>178.5</b> <i>Гафній</i>	73.1,5 <b>Ta</b> <b>180.9</b> <i>Тантал</i>	74. 1,7 <b>W</b> <b>183.8</b> <i>Вольфрам</i>	75.1,9 <b>Re</b> <b>186.2</b> <i>Реній</i>
	79.2,3 <b>Au</b> <b>197.0</b> <i>Аурум</i>	80. 1,9 <b>Hg</b> <b>200.6</b> <i>Меркурій</i>	81.1,8 <b>Tl</b> <b>204.4</b> Талій	82. 1,8 <b>Pb</b> <b>207.2</b> Плюмбум	83. 1,9 <b>Bi</b> <b>209.0</b> Бісмут	84.2,0 <b>Po</b> <b>[209]</b> Полоній	85. 2,2 <b>At</b> <b>[210]</b> Астат
7	87.0,7 <b>Fr</b> <b>[223]</b> Францій	88.0,7 <b>Ra</b> <b>226.0</b> Радій	89.1.1 <b>Ac</b> <b>[227]</b> <i>Актиній</i>	104. <b>Db</b> <b>[261]</b> <i>Дубній</i>	105. <b>Lr</b> <b>[262]</b> <i>Джоліотій</i>	106. <b>Rf</b> <b>[263]</b> <i>Резерфорд</i>	107. <b>Bh</b> <b>[262]</b> <i>Борій</i>

$1^1. 2,1^2 \text{H}^3$ $1.0^4$ Гідроген <sup>5</sup>
---

- 1-порядковий номер (заряд ядра)
- 2-значення відносної електронегативності
- 3-символ хімічного елемента
- 4-відносна атомна маса елемента
- 5-назва елемента

### Додаток Б

#### Таблиця Д 2-Відносні молекулярні маси неорганічних речовин

	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ba <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	Cr <sup>+3</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Fe <sup>+3</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Zn <sup>+2</sup>	Cu <sup>+2</sup>	Ag <sup>+</sup>
O <sup>-2</sup>	-	-	62	94	153	56	40	102	152	72	160	71	81	80	232
OH <sup>-</sup>	18	35	40	56	171	74	58	78	103	90	107	89	99	98	125
Cl <sup>-</sup>	36, 5	53, 5	58, 5	74, 5	208	111	95	133 ,5	158, 5	127	162 ,5	126	136	135	143 ,5
Br <sup>-</sup>	81	98	103	119	297	200	184	267	292	216	296	215	225	224	188
I <sup>-</sup>	128	145	150	166	391	294	278	408	433	310	437	309	319	318	235
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	63	80	85	101	261	164	148	213	238	180	242	179	189	188	170
S <sup>-2</sup>	34	68	78	110	169	72	64	150	200	88	208	87	97	96	248
SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	82	116	128	158	217	120	104	294	344	136	352	135	145	144	296
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	98	132	142	174	233	136	120	342	392	152	400	151	161	160	412
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	62	96	106	138	197	100	84	234	284	116	292	115	125	124	276
SiO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	78	112	122	154	213	216	100	282	332	132	340	131	141	140	292
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	98	149	164	212	601	310	262	122	147	358	151	355	385	382	419

### Додаток В

#### Деякі найважливіші фізичні сталі

Заряд електрону	$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Маса спокою електрону	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Атомна одиниця маси	1 а.о.м. = $1,6605653 \cdot 10^{-27}$ кг
Стала Планка	$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж / Гц
Абсолютний ноль температури	- 273 °С
Стала Авогадро	$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Стала Фарадея	F = 96480 Кл / моль (26,8 А·год / моль)
Молярна газова стала	R = 8,31441 Дж / (моль К)
Об'єм ідеального газу за нормальних умов	$V_0 = 22,41383$ л / моль

### Додаток Г

#### Співвідношення між деякими одиницями різноманітних систем

$$1 \text{ г/мл} = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1000 \text{ г/л} = 1 \text{ кг/л}$$

$$1 \text{ А}^0 = 10^{-10} \text{ м}$$

$$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 10^3 \text{ см}^3 = 10^3 \text{ мл.}$$

$$1 \text{ а.о.м.} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 3,55 \cdot 10^{-11} \text{ кал}$$

$$1 \text{ Дж} = 10^7 \text{ ерг} = 0,239 \text{ кал}$$

$$1 \text{ кал} = 4,184 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 7,50 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт.ст.} = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ атм.}$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$$

$$1 \text{ атм} = 101324 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.}$$

### Додаток Д

#### Таблиця Д 3-Десяткові префікси до назв одиниць

Множник	Префікс	Позначення	Множник	Префікс	Позначення
$10^{-1}$	деци	<b>д</b>	10	дека	
$10^{-2}$	санти	<b>с</b>	$10^2$	гекто	г
$10^{-3}$	мілі	<b>м</b>	$10^3$	кіло	к
$10^{-4}$	мікро	<b>мк</b>	$10^6$	мега	М
$10^{-5}$	нано	<b>н</b>	$10^9$	гіга	Г
$10^{-6}$	піко	<b>п</b>	$10^{12}$	тетра	Т