

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ІВАНА ФРАНКА  
ПРИРОДНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ХІМІЇ

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО  
ПРОХОДЖЕННЯ ПРАКТИКИ**

**Обов'язкової освітньої компоненти**

**НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА З  
МАТЕМАТИЧНИХ  
МЕТОДІВ В ХІМІЇ**

**для підготовки здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

Галузь знань  
Спеціальність  
Освітня програма  
Факультет / ННІ

*10 Природничі науки  
102 Хімія  
Хімія  
природничий*

Автори:  
к.х.н. Камінський Олександр,  
к.х.н. Чайка Микола,  
к.х.н., доцент Чумак Володимир,  
к.х.н., доцент Денисюк Роман,  
Писаренко Сніжана,

Розглянуто та схвалено  
на засіданні кафедри хімії  
Протокол від «07» жовтня 2022 р. № 4  
Завідувач кафедри Олена АНІЧКІНА

**Житомир 2022**

УДК 542.06:51:004(076)

I 72

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного  
університету імені Івана Франка  
(протокол №21 від «25» листопада 2022 р.)*

**Рецензенти:**

**Віленський Володимир** – старший науковий співробітник, доктор хімічних наук, професор (б.в.з.) Житомирського державного університету імені Івана Франка.

**Шелюк Ірина** – кандидат хімічних наук, голова циклової комісії хімічних дисциплін Житомирського базового фармацевтичного фахового коледжу Житомирської обласної ради

**Заблоцька Ольга** - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри «Технології медичної діагностики та лікування. Громадське здоров'я» Житомирського медичного інституту Житомирської обласної ради

**Камінський О.М., Чайка М.В., Чумак В.В., Денисюк Р.О.,  
Писаренко С.В.**

Методичні рекомендації щодо проходження практики із обов'язкової освітньої компоненти «Навчальна практика з математичних методів в хімії» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 66 с.

© Камінський О. М., 2022

© Чайка М. В., 2022

© Чумак В.В., 2022

© Денисюк Р. О., 2022

© Писаренко С. В., 2022

© Житомирський державний  
університет імені Івана Франка, 2022

## ЗМІСТ:

	<b><i>ВСТУП</i></b>		<b>4</b>
	<b><i>КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ</i></b>		<b>4</b>
	<b><i>ВИМОГИ ДО ЗВІТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ</i></b>		<b>6</b>
1	День практики № 1	Тема: Використання обрахунків, що містять одну невідому змінну. Завдання, що містять рівняння з декількома змінними. Система рівнянь та обрахунки на її основі	<b>8</b>
2	День практики № 2	Тема: Квадратичне та кубічне рівняння в хімії	<b>14</b>
3	День практики № 3	Тема: Функція степеня числа в хімії	<b>19</b>
4	День практики № 4	Тема: Використання властивостей кореня $n$ – го степеня для розрахунків	<b>26</b>
5	День практики № 5	Тема: Елементи статистики в хімії: бозони та ферміони	<b>33</b>
6	День практики № 6	Тема: Обрахунки рН розчинів електролітів різної сили	<b>44</b>
7	День практики № 7	Тема: Розрахунки потенціалів за рівнянням Нернста	<b>51</b>
8	День практики № 8	Тема: Узагальнення та повторення матеріалу.	<b>62</b>
9	День практики № 9	Тема: Подача звітної документації	<b>62</b>
10	День практики № 10	Тема: Захист звітних документацій, щоденників та звітів практики	<b>62</b>

## Вступ

Навчальна практика з математичних методів в хімії є видом практичної підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальності 102 Хімія в II семестрі.

Вона спрямована на закріплення отриманих упродовж вивчення освітніх компонент теоретичних знань і практичних умінь студентів, дозволяє набути практичних навичок розв'язування розрахункових задач із використанням основ вищої математики.

В процесі навчальної практики з математичних методів у хімії вивчаються сучасні теоретичні методи вирішення різноманітних хімічних завдань (розрахункових задач) за допомогою математичних підходів, що, в свою чергу, призводить до формування не тільки наукового світогляду студентів, а також виховує професіоналізм та розвиває наукове мислення.

Методичні рекомендації щодо проходження практики містять необхідний теоретичний матеріал, приклади розв'язків конкретних задач з тем та індивідуальні завдання.

### ***КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ***

Оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою»

[https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya\\_zvo.pdf](https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf).

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти за всіма видами навчальних робіт проводиться за поточним та підсумковим контролем.

Кожен здобувач вищої освіти має виконати обов'язкові індивідуальні завдання, передбачені

методичними рекомендаціями щодо проходження практики, навчальною та робочою програмою освітньої компоненти.

Результати учбової діяльності здобувачів вищої освіти оцінюються в балах, відповідно до виду діяльності. Визначений мінімум балів, який необхідно набрати для отримання заліку зазначений в робочій програмі обов'язкової освітньої компоненти.

### Критерії оцінювання

№ Дня практики	ЗП	ІЗ	ОЗД	ПЗД	ЗПР
	3	3	2,5	6	26
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Рейтинг	100				

Види діяльності на занятті:

**ЗП** – виконання завдань практики;

**ІЗ** – виконання індивідуальних завдань;

**ОЗД** – оформлення звітної документації;

**ПЗД** – подача звітної документації;

**ЗПР** – захист практики.

## **ВИМОГИ ДО ЗВІТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

За результатами практики студент оформляє письмовий звіт та щоденник практики і здає їх керівнику практики. Оцінка роботи кожного студента проводиться відповідно до виконаного об'єму та якості роботи за варіантами **індивідуальних завдань(СТ 56 І ДАЛІ)**.

Обсяги рукописного звіту та щоденника – 10 – 15 сторінок, друкованих – 5 – 10 сторінок.

В щоденнику практики пишеться дата, День практики та розв'язані задачі (завдання) з практики, а також висновки роботи.

В звіті практики записується індивідуальне завдання навчальної практики **за варіантами** у формі виконаних завдань з кожного дня практики та загальний висновок практики.

Звіт має містити нумерацію сторінок (кожна тема з нової сторінки), а аркуші звіту повинні бути зшитими.

Звіт та щоденник практики перевіряється і затверджується керівниками практики.

Здобувач освіти, який не виконав програму практики і одержав незадовільну оцінку при складанні заліку, направляється на повторне проходження практики (за умови наявності поважної причини не проходження практики з першого разу).

### **Індивідуальне завдання навчальної практики**

Варіант №	Номери задач практики (лабораторні роботи)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	7	8	12а	13	34	38	41	50
2	6	10	12б	14	33	40	49	54
3	5	9	12в	15	32	37	42	51
4	4	11	12г	16	31	39	48	53
5	3	10	12д	17	30	36	43	52
6	2	8	12е	18	29	38	47	51

<b>7</b>	1	11	12ж	19	28	35	44	53
<b>8</b>	7	9	12з	20	27	37	46	52
<b>9</b>	1	8	12и	21	26	40	45	54
<b>10</b>	6	10	12к	20	25	36	49	53
<b>11</b>	2	9	12л	19	24	35	46	51
<b>12</b>	5	11	12м	18	23	37	48	54
<b>13</b>	3	10	12н	17	22	36	47	52
<b>14</b>	4	8	12о	16	23	38	46	51
<b>15</b>	7	11	12п	15	24	37	48	53
<b>16</b>	3	9	12р	14	25	39	45	52
<b>17</b>	5	8	12с	13	26	38	49	54
<b>18</b>	2	11	12т	20	27	40	44	52
<b>19</b>	6	9	12у	17	28	39	41	51
<b>20</b>	1	10	12ф	15	29	35	43	53

## День практики №1

**Тема:** *Використання обрахунків, що містять одну невідому змінну. Завдання, що містять рівняння з декількома змінними. Система рівнянь та обрахунки на її основі*

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

### План заняття:

1. Проведення інструктажу з правил техніки безпеки під час проходження навчальної практики в хімічних лабораторіях.
2. Обговорення плану, днів практики та звітної документації практики.
3. Розв'язування розрахункових завдань за прикладами.

#### *I. Математичний аспект:*

- 1) Невідома змінна та її властивості.
- 2) Поняття системи рівнянь. Методи їх розв'язку.

#### *II. Хімічний аспект:*

- 1) Атомно-молекулярне вчення. Кількість речовини. Моль як міра кількості речовини. Закон Авогадро та його наслідки.
- 2) Еквівалент елемента. Молярна маса еквівалента. Закон еквівалентів.
- 3) Поняття хімічної реакції. Закон збереження маси речовин. Взаємозв'язок маси та енергії.
- 4) Закон сталості складу та його наслідки.
- 5) Рівняння Менделєєва – Клапейрона.
- 6) Розв'язання задач на суміш речовин, з використанням понять масової частки речовини, її концентрації, густини тощо.
- 7) Задачі пов'язані з хімічними перетвореннями.



8) Задачі, умовою яких є методи ідентифікації та розділення речовин.

4. Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.

5. За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

**Система рівнянь** — набір двох і більше рівнянь, заданих функціями багатьох змінних, які повинні задовольнятися одночасно. Розв'язком системи рівнянь називається набір чисел, які задовольняють усім рівнянням, тобто при підстановці їх у рівняння всі рівності перетворюються в тотожності.

Система рівнянь може мати або не мати розв'язків. Цих розв'язків може бути один, кілька або нескінченно багато. Зрозуміло, що для визначення значень  $N$  змінних потрібно мати принаймні  $N$  рівнянь.

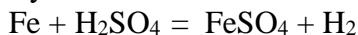
Система лінійних рівнянь, яка має хоч один розв'язок, називається сумісною. Якщо система не має розв'язків, то вона називається несумісною.

**1. Алгоритм розв'язання задачі на знаходження складу суміші, якщо тільки один її компонент вступає у реакцію.**

*Приклад 1.* При дії на суміш міді і заліза масою 20 г надлишком розведеної сульфатної кислоти виділилося 5,6 л газу (н.у.). Визначити масові частки металів у суміші.

**Розв'язання:**

1. Складаємо рівняння реакції, враховуючи, що мідь за таких умов не реагує:



2. Знаходимо кількість речовини маса або об'єм якої відомі (в даному прикладі – водню):

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ (моль)}$$

3. Складаємо кількісну пропорцію:

x моль Fe – 0,25 моль H<sub>2</sub> (за умовою задачі);

1 моль Fe – 1 моль H<sub>2</sub> (за рівнянням реакції)

В даному випадку,  $n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 0,25$  моль.

4. Знаходимо масу компонента суміші, що прореагував (заліза):  $m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) \cdot n(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \cdot 0,25 \text{ моль} = 14 \text{ г}$

5. Знаходимо масові частки речовин у суміші:

$w(\text{Fe}) = m(\text{Fe})/m_{\text{суміші}} = 14/20 = 0,70 = 70 \%$

$w(\text{Cu}) = 100 \% - w(\text{Fe}) = 100 - 70 = 30 \%$

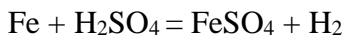
**Відповідь:**  $w(\text{Fe}) = 70 \%$ ;  $w(\text{Cu}) = 30 \%$

**2. Алгоритм розв'язання задачі на знаходження складу суміші, якщо обидва компоненти вступають у реакцію, але з виділенням газоподібної речовини взаємодіє тільки одна речовина.**

*Приклад 2.* При взаємодії суміші заліза і залізної окалини масою 20 г надлишком розведеної сульфатної кислоти виділилося 5,6 л газу (н.у.). Визначити масові частки речовин у суміші.

**Розв'язання:**

1. Складаємо рівняння реакцій, враховуючи, що обидві речовини реагують з кислотою:



2. Як видно з рівнянь реакцій, водень виділяється тільки в реакції з залізом.

3. Знаходимо кількість речовини водню, яка дорівнює

кількості речовини заліза:  $n(\text{H}_2) = n(\text{Fe}) = \frac{5,6}{22,4} = 0,25$  моль

4. Знаходимо масу заліза:  $m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) \cdot n(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \cdot 0,25 \text{ моль} = 14 \text{ г}$

5. Знаходимо масу окалини:  $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 20 - 14 = 6 \text{ г}$ .

6. Знаходимо масові частки компонентів суміші:

$$\omega(Fe) = \frac{14}{20} * 100\% = 70\%$$

$$\omega(Fe_3O_4) = \frac{6}{20} * 100\% = 30\%$$

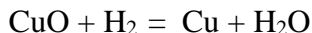
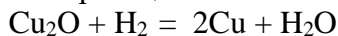
**Відповідь:**  $w(Fe) = 70\%$ ;  $w(Fe_3O_4) = 30\%$

**3. Алгоритм розв'язання задачі на знаходження складу суміші, якщо обидва її компонента взаємодіють з однією речовиною, або у результаті реакцій утворюється одна і та ж речовина.**

*Приклад.3.* На повне відновлення міді із суміші масою 40 г, що складалася з оксидів Купруму(I) та Купруму(II), витратили водень об'ємом 6,72 л (н.у.). Обчисліть масову частку (%) купрум(I) оксиду в суміші.

**Розв'язання:**

1. Складаємо рівняння реакцій:



2. Знаходими кількість речовини водню:

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m} = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ (моль)}$$

3. Позначимо кількість речовини водню, що витратили на відновлення  $Cu_2O$  як  $x$  моль, тоді кількість речовини водню, що витратили на відновлення  $CuO$  ( $0,3 - x$ ) моль

4. Виразимо кількість речовин  $Cu_2O$  і  $CuO$  через кількості речовин водню згідно рівнянь реакцій:

$$n(Cu_2O) = n(H_2) = x \text{ моль}$$

$$n(CuO) = n(H_2) = (0,3 - x) \text{ моль}$$

5. Виразимо маси речовин, що знаходились у суміші, за їхніми кількостями речовин і складемо алгебраїчне рівняння

$$m(Cu_2O) = M(Cu_2O) * n(Cu_2O) = 144x \text{ г}$$

$$m(\text{CuO}) = M(\text{CuO}) \cdot n(\text{CuO}) = 80(0,3 - x) \text{ г}$$

6. Знаючи масу суміші знаходимо маси компонентів початкової суміші:

$$144x + 80(0,3 - x) = 40$$

$$144x + 24 - 80x = 40$$

$$144x - 80x = 40 - 24$$

$$64x = 16$$

$$x = 16/64$$

$$x = 0,25 \text{ моль.}$$

7. Знаходимо  $m(\text{Cu}_2\text{O})$ :

$$m(\text{Cu}_2\text{O}) = 144x = 144 \cdot 0,25 = 36 \text{ г}$$

8. Знаходимо масову частку речовини у суміші:

$$w(\text{Cu}_2\text{O}) = m(\text{Cu}_2\text{O})/m(\text{Cu}_2\text{O})_{\text{суміші}} = 36/40 = 0,60 = 60 \%$$

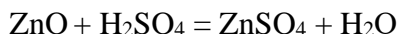
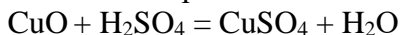
**Відповідь:**  $w(\text{Cu}_2\text{O}) = 60 \%$

**4. Алгоритм розв'язання задачі на знаходження складу суміші, якщо обидва її компонента взаємодіють з однією речовиною, а у результаті реакцій утворюється дві різні речовини.**

*Приклад.4.* 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.

**Розв'язання:**

1. Складаємо рівняння обох реакцій:



2. Позначимо кількість речовин одного компонента (в даному прикладі – CuO) в суміші як  $x$  моль, а іншого (ZnO) у моль, і виразимо кількості речовин продуктів реакції (CuSO<sub>4</sub> і ZnSO<sub>4</sub>):

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuO}) = x \text{ моль}$$

$n(\text{ZnSO}_4) = n(\text{ZnO}) = y$  моль

3. Виразимо маси речовин через кількості речовин і складемо систему рівнянь:

$m(\text{CuO}) = M \cdot n = 80x$  г  $m(\text{CuSO}_4) = M \cdot n = 160x$  г

$m(\text{ZnO}) = M \cdot n = 81y$  г  $m(\text{ZnSO}_4) = M \cdot n = 161y$  г.

$$\begin{cases} 80x + 81y = 10,48 \\ 60x + 161y = 20,88 \end{cases}$$

4. Знаходимо кількості речовин одного з компонентів суміші:  $n(\text{ZnO}) = y = 0,08$  моль

5. Знайдемо маси компонентів суміші:

$m(\text{ZnO}) = M \cdot n = 81y = 6,48$  г

$m(\text{CuO}) = m_{\text{суміші}} - m(\text{ZnO}) = 10,48 - 6,48 = 4$  г

**Відповідь:**  $m(\text{ZnO}) = 6,48$  г,  $m(\text{CuO}) = 4$  г.

### Рекомендована література

#### *Основна:*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.

2. Грабовський А.К. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.

3. Білий О.В. Фізична хімія / О.В. Білий. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 464 с.

4. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв'язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.

#### *Додаткова:*

1. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв'язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.

2. Сорока Л.В. Хімія. Екологічні задачі / Л.В. Сорока. – Тернопіль: Мандрівець, 2003. – 144 с.

***Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:***

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)
2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)
4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>
5. <https://vseosvita.ua/library/logarifmi-ta-ih-vlastivosti-220683.html>

**День практики №2**

**Тема:** *Квадратичне та кубічне рівняння в хімії*

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

**План заняття:**

1. Роз'яснення математичної складової теми.
2. Розгляд прикладів типових задач.
3. Розв'язування розрахункових задач з теми.

***I. Математичний аспект:***

- 1) Квадратичне та кубічне рівняння, способи їх розв'язку. Поняття дискримінанта.

***II. Хімічний аспект:***

- 1) Хімічна рівновага та константа хімічної рівноваги.
- 2) Розв'язання задач на ступінь та константу рівноваги за значенням концентрації.
- 3) Задачі на добуток розчинності.
- 4) Задачі на закон розведення Оствальда.

2. Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.

3. За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

**Квадратне рівняння** — це алгебраїчне рівняння виду:

$$ax^2 + bx + c = 0, \text{ де } a \neq 0,$$

де  $x$  є невідомою змінною, а  $a, b, c$  є сталими відомими числами, такими що  $a$  не дорівнює нулю. Якщо  $a = 0$ , тоді рівняння буде лінійним, а не квадратним рівнянням.

Числа  $a, b, c$  є *коефіцієнтами* рівняння, і аби розрізнити їх можна називати відповідно, *квадратичним коефіцієнтом*, *лінійний коефіцієнтом* і *вільною сталою*.

Квадратне рівняння можна вирішити за допомогою процедури розкладання на множники, методу виділення квадрату, за допомогою побудови графіка функції, або з використанням формули дискримінанта.

Повні квадратні рівняння розв'язуються за допомогою **дискримінанта** (лат. *diskriminans* — розрізняючий), який позначається латинською літерою

$$D = b^2 - 4ac$$

А невідома змінна ( $x$ ) обраховується за формулою:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

**1. Алгоритм розв'язання задачі на хімічну рівновагу, використовуючи квадратне рівняння та дискримінант.**

**Приклад.1.** Константа хімічної рівноваги реакції  $2A + B = C$  становить 1,5. Початкова концентрація  $A$  становить 2 моль/л. Знайти концентрацію речовини  $C$  в момент настання рівноваги.

**Розв'язання:**

1. Запишемо вираз константи хімічної рівноваги. За законом діючих мас:  $K = \frac{[C]}{[A]^2 * [B]}$ .

2. Якщо початкова концентрація А становить 2 моль/л, то речовини В = 2/2 = 1 моль/л (за рівнянням реакції).

3. Відомо, що початкова концентрація складається з рівноважної та реагуючої концентрацій:

$$C_{поч} = C_{реак} + [],$$

де [] – означають рівноважну концентрацію.

Відомо, що:  $C_{реак. реч} \rightarrow []$  продукти.

3. Нехай, рівноважна концентрація речовини С становить х моль/л, тоді рівноважні концентрації А та В відповідно становлять: (2 – х) моль/л та (1 – х) моль/л.

4. Підставляємо дані у вираз константи:

$$1,5 = \frac{x}{(2 - x) * (1 - x)}$$

Звідси:

$$x = 1,5(2 - x)(1 - x)$$

$$x = 3 - 1,5x - 1,5 - 1,5x^2$$

$$1,5x^2 + 2,5x - 1,5 = 0$$

5. Одержане квадратне рівняння розв'язуємо через дискримінант:

$$D = b^2 - 4ac$$

$$D = 2,5^2 - 4 * 1,5 * (-1,5) = 6,25 + 9 = 15,25$$

6. Невідому змінну (х) обраховуємо за формулою:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

$$x = \frac{(-1,5 + 3,9)}{2 * 1,5} = 0,8 \text{ моль / л}$$

**Відповідь:** [С] = 0,8 моль/л.



## 2. Алгоритм розв'язання задачі на добуток розчинності, використовуючи неповне квадратне рівняння.

**Приклад.2.** Обрахувати концентрацію іонів  $Zn^{2+}$  в розчині, якщо  $ДР(ZnS) = 2,5 \cdot 10^{-10}$ .

### **Розв'язання:**

1. Запишемо вираз дисоціації малорозчинної солі у воді:  
 $ZnS \leftrightarrow Zn^{2+} + S^{2-}$ .
2. Згідно закону діючих мас, запишемо вираз добутку розчинності (ДР):  $ДР = [Zn^{2+}] \cdot [S^{2-}]$ .
3. Якщо припустити концентрацію  $Zn^{2+}$  як  $x$  моль/л, то за рівнянням дисоціації, концентрація  $S^{2-}$  також рівна  $x$  моль/л.
4. Знаючи ДР, запишемо:  $2,5 \cdot 10^{-10} = x \cdot x$ ;  $2,5 \cdot 10^{-10} = x^2$ .

Звідси:  $x = \sqrt{2,5 \cdot 10^{-10}} = 1,58 \cdot 10^{-5}$  моль/л

**Відповідь:**  $C(Zn^{2+}) = 1,58 \cdot 10^{-5}$  М.

## 3. Алгоритм розв'язання задачі на встановлення ступеня дисоціації слабкого електроліту за повним законом розведення Оствальда, використовуючи квадратне рівняння та дискримінант.

**Приклад.3.** Обрахувати ступінь дисоціації мурашиної кислоти в 0,01 М розчині, якщо  $K_i (HCOOH) = 3 \cdot 10^{-2}$ .

### **Розв'язання:**

1. Вираз повного закону розведення Оствальда має вигляд:

$$K_i = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$$

2. Якщо припустити, що  $\alpha = x$ , тоді:

$$3 * 10^{-2} = \frac{x^2 * 0,01}{(1 - x)}$$

$$0,03 - 0,03x = 0,01x^2$$

$$-0,01x^2 - 0,03 + 0,03 = 0$$

Поділимо останній вираз на  $-0,01$ , тоді отримаємо:

$$x^3 + 3x - 3 = 0$$

3. Одержане квадратне рівняння розв'язуємо через дискримінант:

$$D = b^2 - 4ac$$

$$D = 3^2 - 4 * 1 * (-3) = 9 + 12 = 21$$

4. Невідому змінну ( $x$ ) обраховуємо за формулою:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

$$x = \frac{(-3 + 4,58)}{2 * 1} = 0,79$$

**Відповідь:**  $\alpha = 0,79$ .

### Рекомендована література

#### *Основна:*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.
2. Грабовський А.К. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.
3. Сегеда А.С., Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз / А.С. Сегеда, Р.Л. Галаган. – К.: ЦУЛ, 2002. – 430с.
4. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний і кількісний аналіз. Навчально-методичний посібник / А.С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2003. – 312с.

### *Додаткова:*

1. Степаненко О.М. Загальна та неорганічна хімія / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов. – К.: Пед.преса, 2000. – 784 с.
2. Сорока Л.В. Хімія. Екологічні задачі / Л.В. Сорока. – Тернопіль: Мандрівець, 2003. – 144 с.

### *Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:*

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)
2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)
4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>
5. <https://vseosvita.ua/library/logarifmi-ta-ih-vlastivosti-220683.html>

### **День практики №3**

**Тема:** *Функція степеня числа в хімії*

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

#### **План заняття:**

1. Роз'яснення математичної складової теми.
2. Розгляд прикладів типових задач.
3. Розв'язування розрахункових задач з теми.

#### ***I. Математичний аспект:***

- 1) Поняття  $n$ -го степеня числа. Властивості степеня.

#### ***II. Хімічний аспект:***

- 1) Задачі на обрахунок добутку розчинності (ДР).
- 2) Розв'язування розрахункових задач на знаходження константи рівноваги газоподібних речовин за їх тисками.

- 3) Задачі на закон Дальтона та його наслідки.  
4) Задачі на виведення фізичних величин (універсальної газової сталої, сталої Авогадро, Больцмана, Фарадея тощо).  
**2.** Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.  
**3.** За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

### Властивості степеня

**1.** При множенні двох степенів вони між собою додаються:

$$a^x \cdot a^y = a^{x+y};$$

**2.** При діленні двох степенів вони між собою віднімаються:

$$\frac{a^x}{a^y} = a^{x-y};$$

**3.** При піднесенні степеня до степеня вони між собою множаться:

$$(a^x)^y = a^{xy} = (a^y)^x;$$

**4.** При піднесенні добутку двох чисел до степеня, степінь стосується обох чисел:

$$(ab)^x = a^x \cdot b^x;$$

**5.** При піднесенні частки двох чисел до степеня, степінь стосується обох чисел:

$$\left(\frac{a}{b}\right)^x = \frac{a^x}{b^x};$$

**6.** При піднесенні числа до від'ємного степеня, обрахунок проводиться перенесенням числа степеня в знаменник:

$$a^{-x} = \frac{1}{a^x};$$

7. Будь – яке число в степені 0 рівне 1:  $a^0 = 1$ ;

8. Будь – яке число в степені 1 рівне цьому числу:

$$a^1 = a$$

9. Одиниця в будь – якому степені рівна 1:  $1^x = 1$ .

### 1. Алгоритм розв'язання задачі на добуток розчинності, використовуючи властивості степеня.

**Приклад.1.** Обрахувати ДР ( $Pb_3(PO_4)_2$ ), якщо в 1 л розчину міститься 0,0005 г  $Pb^{2+}$  йонів.

#### **Розв'язання:**

1. Запишемо вираз дисоціації малорозчинної солі у воді:  
 $Pb_3(PO_4)_2 \leftrightarrow 3Pb^{2+} + 2PO_4^{3-}$ .

2. Згідно закону діючих мас, запишемо вираз добутку розчинності (ДР):  $ДР = [Pb^{2+}]^3 * [PO_4^{3-}]^2$ .

3. Обрахуємо кількість речовини йонів плюмбу(II):

$$n(Pb^{2+}) = \frac{0,0005}{207} = 0,0000024 = 2,4 * 10^{-6} \text{ моль}.$$

4. За рівнянням дисоціації, знаходимо кількість речовини фосфат – йонів. З кількісної пропорції видно, що:

$$n(PO_4^{3-}) = \frac{2,4 * 10^{-6} * 2}{3} = 1,6 * 10^{-6} \text{ моль}.$$

5. Враховуючи, що  $C = \frac{n}{V}$  та те, що за умовою задачі об'єм розчину рівний 1 л, кількість йонів рівна їх концентрації.

6. Знаходимо ДР солі, враховуючи властивості степеня:

$$ДР = (2,4 * 10^{-6})^3 * (1,6 * 10^{-6})^2 = 35,4 * 10^{-30} = 3,54 * 10^{-29}$$

**Відповідь:** ДР ( $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ ) =  $3,54 \cdot 10^{-29}$ .

## 2. Алгоритм розв'язання задачі на закон Дальтона, використовуючи властивості степеня.

**Приклад.2.** 5 л хлору, 15 л кисню і 10 л карбон діоксиду взятих під тиском відповідно  $1 \times 10^5 \text{ Па}$ ,  $2 \times 10^5 \text{ Па}$  та  $3 \times 10^5 \text{ Па}$  перекачані в балон об'ємом 50 л. Розрахувати під яким тиском знаходиться суміш і парціальний тиск кожного газу в суміші.

### **Розв'язання:**

1. Парціальний тиск – це такий тиск, який створив би газ, якби сам займав об'єм суміші газів. За законом Бойля – Маріотта знаходимо парціальні тиски кожного з газів в суміші:  $p_1 V_1 = p_{\text{пар1}} V_{\text{заг}}$ . Звідси:

$$p_{\text{пар}}(\text{Cl}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_{\text{заг}}} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 5}{50} = 0,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_{\text{пар}}(\text{O}_2) = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 15}{50} = 0,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_{\text{пар}}(\text{CO}_2) = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 10}{50} = 0,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

2. За законом Дальтона обраховуємо загальний тиск суміші газів:  $p_{\text{заг}} = p_{\text{пар1}} + p_{\text{пар2}} + p_{\text{пар3}}$

$$p_{\text{заг}} = 0,1 \cdot 10^5 + 0,6 \cdot 10^5 + 0,6 \cdot 10^5 = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

**Відповідь:**  $p_{\text{заг}} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

## 3. Алгоритм розв'язання задачі на термодинамічну константу хімічної рівноваги, використовуючи властивості степеня.

**Приклад.3.** Константа рівноваги  $K_f$  реакції:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  при температурі 300 °C дорівнює  $5,5 \times 10^{-6}$ . Чи буде проходити утворення аміаку в газовій суміші, яка складається з азоту, водню і аміаку, якщо вихідні тиски цих речовин мають таке значення:

	$P_{H_2}, Pa$	$P_{N_2}, Pa$	$P_{NH_3}, Pa$
1	$1,022 \times 10^{35}$	$1 \times 10^{100}$	$1 \times 10^{100}$

**Розв'язання:**

1. Вираз константи рівноваги від тиску для цієї реакції має

вигляд:  $K_p = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$ . Знаходимо  $K_p$  цієї реакції,

враховуючи декілька властивостей степеня:

$$K_p = \frac{(1 * 10^{100})^2}{(1,022 * 10^{35})^3 * 1 * 10^{100}} = 0,94 * 10^{-5}$$

2. Щоб з'ясувати буде чи не буде проходити реакція за даних умов, потрібно обрахувати енергію Гіббса за рівнянням ізотерми хімічної реакції:

$$\Delta G = -2,3nRT(\lg K_f - \lg K_p).$$

Нагадуємо, якщо  $\Delta G > 0$  – реакція за таких умов не відбувається;  $\Delta G < 0$  – реакція відбувається;  $\Delta G = 0$  – це стан рівноваги або реакція неможлива ні за яких умов.

Обраховуємо значення енергії Гіббса реакції, обов'язково перевівши температуру у Кельвіни ( $K = ^\circ C + 273$ ):

$$\begin{aligned} \Delta G &= -2,3 * 8,31 * 573 * (\lg(5,5 * 10^{-6}) - \lg(0,94 * 10^{-5})) = \\ &= -10951,7 * (-5,26 - (-4,97)) = -10951,7 * (-0,29) = \\ &= 3176 \approx 3,2 \text{ кДж / моль.} \end{aligned}$$

Як видно з обрахунків,  $\Delta G > 0$ , а тому така реакція за даних умов не відбувається.

**Відповідь:** реакція за даних умов не відбувається.

#### 4. Алгоритм розв'язку задачі на виведення якихось констант речовин, використовуючи властивості степеня.

**Приклад.4.** Дослідним шляхом встановлено, що 3,50 г карбон діоксиду при температурі 298 К і тиску 98,5 кПа займають об'єм 2 л. Обрахувати сталу Больцмана, якщо стала Авогадро  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

##### **Розв'язання:**

1. Зв'язок сталої Больцмана зі сталою Авогадро описується формулою:  $\kappa_B = R/N_A$ , де R – універсальна газова стала.

2. Спочатку визначимо кількість речовини  $\text{CO}_2$  :

$$n = \frac{3,5}{44} = 0,0795 \text{ моль.}$$

3. Знаходимо газову сталу за даними задачі, використовуючи рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$pV = nRT \Rightarrow R = \frac{pV}{nT}$$

$$R = \frac{98,5 \cdot 2}{0,0795 \cdot 298} = 8,315 \text{ Дж / моль} \cdot \text{К}$$

4. Тепер обраховуємо сталу Больцмана:

$$\kappa_B = \frac{8,315}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж / моль} \cdot \text{К}$$

**Відповідь:**  $\kappa_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж / моль} \cdot \text{К}$

**Приклад.5.** Розрахувати ебуліоскопічну сталу води (E) якщо температура кипіння води 99,98 °С, а питома ентальпія випаровування 2260 Дж/кг.

##### **Розв'язання:**

1. Ебуліоскопічна стала залежить тільки від природи розчинника і може бути розрахована за формулою:



$$E = \frac{RT_0^2}{1000 * \lambda},$$

де  $T_0$  – температура кипіння розчинника;  $\lambda$  – питома ентальпія випаровування.

2. Обраховуємо ебуліоскопічну сталу води, не забуваючи, що температура підставляється в Кельвінах:

$$E = \frac{8,31 * (372,98)^2}{1000 * 2260} = 0,51 \text{ K} * \text{кг} * \text{моль}^{-1}$$

**Відповідь:**  $E(\text{H}_2\text{O}) = 0,51 \text{ K} * \text{кг} * \text{моль}^{-1}$ .

### Рекомендована література

#### *Основна:*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.
2. Сегеда А.С., Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз / А.С. Сегеда, Р.Л. Галаган. – К.: ЦУЛ, 2002. – 430с.
3. Грабовський А.К. Методика розв’язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.
4. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв’язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.

#### *Додаткова:*

1. Степаненко О.М. Загальна та неорганічна хімія / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов. – К.: Пед.преса, 2000. – 784 с.
2. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв’язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.
3. Сорока Л.В. Хімія. Екологічні задачі / Л.В. Сорока. – Тернопіль: Мандрівець, 2003. – 144 с.

**Довідково-інформаційні дані для проведення  
лабораторних робіт:**

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)
2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)
4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>

**День практики №4**

**Тема:** Використання властивостей кореня  $n$  – го степеня для розрахунків

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

**План заняття:**

1. Роз'яснення математичної складової теми.
2. Розгляд прикладів типових задач.
3. Розв'язування розрахункових задач з теми.

***I. Математичний аспект:***

1) Корінь  $n$  – го степеня та його властивості. Зв'язок кореня  $n$  – го степеня із степенем числа.

***II. Хімічний аспект:***

- 1) Задачі, що стосуються малорозчинних сполук неорганічних речовин.
- 2) Задачі на обрахунок середньої квадратичної та середньої арифметичної швидкості руху молекул.
- 3) Задачі на обрахунок ступеня дисоціації за законом розведення Оствальда.
2. Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.
3. За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

## Властивості кореня n-го степеня

Коренем n-го степеня з числа a називається таке число, n-й степінь якого дорівнює a.

Арифметичним коренем (арифметичний корінь - arithmetical root) n-го степеня з числа a називають невід'ємне число, n-й степінь якого дорівнює a. Арифметичний корінь n-го степеня з числа a позначають

$$\sqrt[n]{a}$$

### Основні властивості арифметичних коренів n -го степеня.

1. Корінь будь - якого n-го степеня нуля рівний нулю:

$$\sqrt[n]{0} = 0$$

2. Корінь будь - якого n-го степеня одиниці рівний одиниці:

$$\sqrt[n]{1} = 1$$

3. Корінь n-го степеня добутку двох чисел:

$$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b}$$

4. Корінь n-го степеня частки двох чисел:

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}, \quad (b \neq 0)$$

5. Корінь будь - якого n-го степеня числа a, піднесений до такого ж степеня рівний a:

$$\left(\sqrt[n]{a}\right)^n = a$$
$$\sqrt[2k+1]{a^{2k+1}} = a$$

6. Число a, піднесене до парного степеня в парному корені завжди додатне, або береться по модулю:

$$\sqrt[2k]{a^{2k}} = |a| = \begin{cases} a, & a \geq 0 \\ -a & a < 0 \end{cases}$$

7. Якщо число  $a$  – як підкоренева функція кореня  $n$ -го степеня, піднесено до степеня  $k$ , то цей степінь переноситься у підкореневу функцію:

$$\left(\sqrt[n]{a}\right)^k = \sqrt[n]{a^k}$$

8. Якщо число  $a$  є підкореневою функцією кореня  $k$  – го степеня, що сам є підкореневою функцією кореня  $n$ -го степеня (корінь в корені), то це число  $a$  можна обрахувати як корінь  $n \cdot k$  – степеня:

$$\sqrt[n]{\sqrt[k]{a}} = \sqrt[nk]{a}$$

9. Якщо число  $a$  винесене за корінь  $n$ -го степеня, то його можна внести назад під кореневу функцію зі знаком цього  $n$ -го степеня:

$$a \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a^n \times b}$$

10. Переведення кореня в степінь числа  $a$ :

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}, \quad a > 0$$

$$\sqrt{a} = a^{0,5}; \quad \sqrt[3]{a} = a^{0,33}; \quad \sqrt[4]{a} = a^{0,25}.$$

**1. Алгоритм розв'язку задачі на ДР, використовуючи властивості кореня  $n$ -го степеня.**

*Приклад.1.* Обрахувати концентрацію йонів  $\text{Ag}^+$  в розчині, якщо  $\text{ДР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-6}$ .

**Розв'язання:**

1. Запишемо вираз дисоціації малорозчинної солі у воді:  
 $\text{Ag}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow 2\text{Ag}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ .

2. Згідно закону діючих мас, запишемо вираз добутку розчинності (ДР):  $\text{ДР} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$ .

3. Якщо припустити концентрацію  $\text{SO}_4^{2-}$  як  $x$  моль/л, тоді за рівнянням дисоціації, концентрація  $\text{Ag}^+$  рівна  $2x$  моль/л.

4. Знаючи ДР, запишемо:

$$1,6 \cdot 10^{-6} = (2x)^2 \cdot x;$$

$$1,6 \cdot 10^{-6} = 4x^3;$$

$$x^3 = \frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,4 \cdot 10^{-6}$$

Звідси:

$$x = \sqrt[3]{0,4 \cdot 10^{-6}} = 0,4^{1/3} \cdot 10^{-3} = 0,4^{0,33} \cdot 10^{-3} =$$

$$0,74 \cdot 10^{-3} = 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль / л}$$

5. Це ми знайшли концентрацію  $\text{SO}_4^{2-}$  в розчині. А концентрація  $\text{Ag}^+$  рівна:  $C(\text{Ag}^+) = 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 14,8 \cdot 10^{-4} = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ .

**Відповідь:**  $C(\text{Ag}^+) = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ .

**2. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок середньої квадратичної та середньої арифметичної швидкості руху молекул, використовуючи властивості кореня  $n$ -го степеня.**

**Приклад.2.** Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкість молекул азоту, а також кінетичну енергію руху азоту масою 15 г при 27 °С. При якій температурі таку ж середню квадратичну швидкість будуть мати молекули кисню?

**Розв'язання:**

1. Кінетичну енергію руху молекул можна обрахувати з основного рівняння молекулярно – кінетичної теорії (МКТ):

$$pV = \frac{1}{3} mNv^2,$$

де  $m$  – маса молекул;  $N$  – число молекул;  $v$  – швидкість руху молекул.

Враховуючи, що кінетичну енергію руху молекул можна визначити такими формулами, виходячи з МКТ:

$$E(\text{кін.}) = \frac{3}{2}RT \text{ або } E(\text{кін.}) = \frac{mv^2}{2}.$$

Якщо врахувати, що при 1 моль речовини маса молекул рівна молярній масі речовини та, об'єднавши обидві формули, одержимо:

$$v^2 = \frac{3RT}{M} \text{ або } v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} - \text{ця формула називається}$$

**середньою квадратичною швидкістю руху молекул.**

Середня арифметична швидкість набагато більша за середню квадратичну швидкість руху молекул і вона

обраховується як: 
$$v = \sqrt{\frac{8RT}{M}}.$$

1. Спочатку розрахуємо середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул азоту (температуру брати в К!!!):

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow \sqrt{\frac{3 * 8,31 * 300}{28}} = 16,3 \text{ м/с}$$

$$v = \sqrt{\frac{8RT}{M}} \Rightarrow \sqrt{\frac{8 * 8,31 * 300}{28}} = 26,7 \text{ м/с}$$

2. Тепер розрахуємо кінетичну енергію руху молекул азоту з середньої квадратичної та середньої арифметичної швидкості руху молекул:

$$E(\text{кін.}) = \frac{m\nu^2}{2} \Rightarrow \frac{15 \cdot 16,3^2}{2} = 1992,7 \text{ Дж / моль}$$

$$E(\text{кін.}) = \frac{m\nu^2}{2} \Rightarrow \frac{15 \cdot 26,7^2}{2} = 5376,7 \text{ Дж / моль}$$

3. Щоб вирахувати температуру молекул кисню, що мають таку ж середню квадратичну швидкість, що й молекули азоту перетворюємо формулу:

$$\nu^2 = \frac{3RT}{M} \Rightarrow T = \frac{\nu^2 M}{3R} \Rightarrow \frac{16,3^2 \cdot 32}{3 \cdot 8,31} = 341 \text{ К або } 68^\circ\text{C}$$

**Відповідь:** 16,3 м/с; 26,7 м/с; 1992,7 Дж/моль; 5376,7 Дж/моль; 341 К або 68 °С.

**3. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок ступеня дисоціації за скороченим законом розведення Оствальда, використовуючи властивості кореня n-го степеня.**

**Приклад.3.** Розрахувати ступінь дисоціації  $\text{CH}_3\text{COOH}$  у 0,05 М розчині. ( $K_i = 2 \cdot 10^{-5}$ )

**Розв'язання:**

1. За законом розведення Оствальда у спрощеному вигляді:

$$K = \alpha^2 C \text{ .Звідси: } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \text{ .}$$

2. Оскільки степінь числа не парний, то переведемо його в парний, наприклад,  $K_i = 0,2 \cdot 10^{-4}$ , тоді:

$$\alpha = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 10^{-4}}{0,05}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ або } 2\%$$

**Відповідь:**  $\alpha = 2\%$  .

## Рекомендована література

### *Основна:*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.
2. Грабовський А.К. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.
3. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв'язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.

### *Додаткова:*

1. Степаненко О.М. Загальна та неорганічна хімія / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов. – К.: Пед.преса, 2000. – 784 с.
2. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв'язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.
3. Березан О.В. Енциклопедія хімічних задач / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 304 с.

### *Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:*

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)
2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)
4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>



## День практики №5

**Тема:** *Елементи статистики в хімії: бозони та ферміони*

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

### План заняття:

1. Роз'яснення математичної складової теми.
2. Розгляд прикладів типових задач.
3. Розв'язування розрахункових задач з теми.

### *I. Математичний аспект:*

- 1) Поняття факторіала та його властивості.

### *II. Хімічний аспект:*

- 1) Частинки в просторі. Ансамблі частинок та їх розподіл у просторі. Частинки з цілим спіном: бозони та фотони.
  - 2) Основи статистики Бозе – Ейнштейна та ймовірність перебування частинок у просторі.
  - 3) Частинки з дробовим спіном: ферміони. Їх значення для хімії.
  - 4) Основи статистики Фермі – Дірака та ймовірність перебування ферміонів у просторі.
  - 5) Класичний розподіл частинок у просторі. Статистика Максвелла – Больцмана.
  - 6) Статистичний характер ентропії. Рівняння Больцмана. Розрахунки ентропії.
  - 7) Розрахунки ймовірності перебування бозонів та фотонів у просторі за допомогою факторіалів.
2. Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.
  3. За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

## Елементи статистики фізичній хімії

**Статистика Бозе — Ейнштейна** — це розподіл за енергією часток, які належать до бозонів (частинок з цілим спіном). За розподілом Бозе — Ейнштейна ймовірність того, що в квантовомеханічній багаточастинковій системі існує бозон у одночастинковому квантовому стані з певною енергією.

Оскільки ймовірність повинна бути додатним числом, значення хімічного потенціалу завжди менше за енергію основного стану бозонів.

Квантові частки бозони відрізняються від частинок класичної фізики тим, що їх принципово неможливо розрізнити. Крім того, хвильова функція бозонів завжди симетрична відносно перестановок частинок. Це призводить до зміни кількості можливих станів.

Одним із наслідків квантової статистики Бозе — Ейнштейна є можливість існування у тривимірних системах за низьких температур особливої фази речовини, що складається з бозонів — **Бозе-конденсату**.

Статистиці Бозе — Ейнштейна підкоряється електромагнітне випромінювання, яке перебуває у тепловій рівновазі з тілом. Тому її застосування пояснює спектр випромінювання абсолютно чорного тіла.

Застосування статистики Бозе — Ейнштейна дозволило пояснити температурну залежність теплоємності твердого тіла за низьких температур.

**Петер Дебай** побудував теорію теплоємності твердого тіла в 1912 році, вдосконаливши модель Ейнштейна.

**Закон Дебая** стверджує, що при низьких температурах теплоємність твердого тіла зростає пропорційно кубу температури.

$$C_V(T) = \frac{12\pi^4}{5} Nk_B \left(\frac{T}{\Theta_D}\right)^3, \text{ де } \Theta_D - \text{температура Дебая}$$

Закон Дебая справедливий для діелектриків і напівпровідників при температурах, набагато менших за температуру Дебая, яка є характеристикою кожної конкретної речовини.

При температурах нижчих за температуру Дебая теплоємність кристалічної ґратки визначається в основному акустичними коливаннями й згідно із законом Дебая пропорційна кубу температури.

При температурах набагато вищих за температуру Дебая справедливий закон Дюлонга-Пті ( $C = \frac{3R}{M}$ )

При проміжних температурах теплоємність кристалічної ґратки залежить від інших факторів, таких як дисперсія акустичних і оптичних фононів, кількості атомів в елементарній комірці і т.д.

**Статистика Фермі — Дірака** — особливий вид розподілу частинок за енергією, характерний для ферміонів (частинок з половинним спіном). Оскільки ферміони — це частинки, які не можуть перебувати в квантовомеханічному стані з однаковими квантовими числами, ця заборона накладає обмеження на їхній розподіл за енергією. Хімічний потенціал визначається із умови нормування розподілу й залежить від повного числа часток в системі  $N$ .

В основному стані в атомі ферміони займають якомога нижчі енергетичні рівні. Накладена заборона принципом Паулі призводить до того, що при нульовій температурі, коли реалізується основний стан, усі найнижчі одноферміонні рівні зайняті. Найвищий зайнятий у такому стані рівень називається рівнем Фермі.

При збільшенні температури, існує певна ймовірність того, що ферміони системи матимуть енергію, вищу за енергію рівня Фермі. Завдяки цьому існує відмінна від нуля ймовірність того, що рівень із енергією нижчою за енергією рівня Фермі, стане вільним. Чим вища температура, тим пологішою стає крива розподілу.

При дуже високих температурах розподіл Фермі — Дірака переходить у класичний розподіл Максвелла — Больцмана.

**Розподіл Максвелла — Больцмана** — статистичний метод опису фізичних систем, що містять велику кількість невзаємодіючих частинок, що рухаються за законами класичної механіки (тобто класичного ідеального газу); запропонована в 1871 р. австрійським фізиком Людвігом Больцманом.

Згідно з теорією ймовірностей, розподіл Максвелла — Больцмана можна розглядати як добуток ймовірностей двох незалежних подій — ймовірність даного значення імпульсу та даного положення молекули.

Розподіл Больцмана є окремим випадком канонічного розподілу Гіббса для ідеального газу в зовнішньому потенціальному полі, в якому відсутні взаємодії між частками.

Незалежність ймовірностей дає важливий результат: ймовірність даного значення імпульсу абсолютно не залежить від положення молекули і, навпаки, ймовірність положення молекули не залежить від її імпульсу. Це означає що розподіл часток по імпульсах (швидкостям) не залежить від поля і залишається тим же самим від точки до точки простору, в яких розміщений газ. Змінюється лише вірогідність виявлення частки або числа частинок.

**Канонічний розподіл Гіббса** — розподіл, що визначає кількості частинок в різних квантових станах. Ґрунтується на таких постулатах статистики:

1. *Всі доступні мікростани системи рівноймовірні.*
2. *Рівновазі відповідає найімовірніший розподіл (підсистем за станами).*
3. *Ймовірність перебування підсистеми в деякому стані визначається лише енергією стану.*

Розподіл Гіббса являє собою найзагальнішу і найзручнішу основу для побудови рівноважної статистичної механіки.

У фізичній хімії статистичний або ймовірнісний характер має другий закон термодинаміки, який був відкритий Больцманом.

Стан системи можна характеризувати значеннями термодинамічних параметрів – енергією, об’ємом, тиском тощо. Ці параметри характеризують систему в цілому, тому визначають, так званий **макростан** системи.

Можна також описати систему, відмічаючи положення кожної частинки та її енергію. Визначеному значенню цих величин відповідає **мікростан** системи. Одному макростану системи може відповідати безліч мікростанів. Наприклад, якщо даний макростан характеризується енергією  $E$ , то вона може бути розподілена між  $N$  частинками різними способами. Так, якщо  $N_1$  частинок мають енергію  $\varepsilon_1$  кожна,  $N_2$  – енергію  $\varepsilon_2$  тощо, то

$$E = N_1\varepsilon_1 + N_2\varepsilon_2 + N_3\varepsilon_3 + N_4\varepsilon_4 + \dots$$

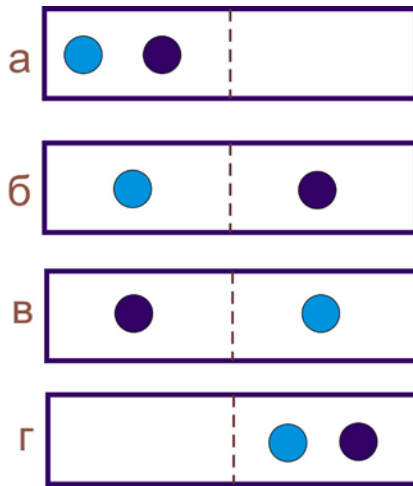
Одному й тому самому значенню  $E$  може відповідати різний розподіл частинок за енергіями, тобто різні мікростани.

**Термодинамічна ймовірність  $W$  даного макростану дорівнює кількості мікростанів, відповідних цьому макростану.**

Для розрахунку термодинамічної ймовірності використовують формулу:

$$W = \frac{N!}{N_1!N_2!N_3!\dots N_n!}$$

Розглянемо як приклад дві однакові частинки, що розташовані в комірці, поділеній на дві енергетично незалежні секції. Усі можливі розподілення цих частинок на два відділення наведені на рис.



Кожне розподілення є мікростаном системи. При рівномірному розподіленні частинок термодинамічна ймовірність  $W = 2$ , оскільки двом мікростанам відповідає один макростан. Для випадків а і г  $W=1$ .

Природно припустити, що за відсутності перегородки буде реалізований рівномірний розподіл частинок по всій комірці. Такий розподіл більш ймовірний.

Зі статистичної точки зору другий закон термодинаміки може бути сформульований так:

**самочинні процеси перебігають у напрямі від менш ймовірних до більш ймовірних.**

Значення постійної інтегрування, як було встановлено Планком, може бути прирівняне до нуля, а коефіцієнт пропорційності  $k$  у наведеній формулі є **сталю Больцмана**. Таким чином, рівняння (рівняння **Больцмана**), що пов'язує ентропію з термодинамічною ймовірністю, набуває вигляду

$$S = k \ln W$$

Статистичний характер другого закону термодинаміки дозволяє тлумачити ентропію як міру неупорядкованості системи. Повний порядок у системі спостерігається, коли розміщення кожного об'єкта, що

входить у систему, суворо визначено. Отже, може бути тільки один мікростан, що відповідає макростану системи.

Найбільший безлад спостерігається у газоподібних речовинах. Для них термодинамічна ймовірність та ентропія найбільші. Порядок збільшується при переході до рідини та ще більше – до кристалу. Так, ентропія одного моля води у твердому стані дорівнює 43,9 Дж/моль·К, у рідкому – 66,9 Дж/моль·К та в газоподібному – 188,7 Дж/моль·К. Безумовно, мінімальне значення ентропії має кристал при нулі градусів за Кельвіном.

У більшості випадків виконується правило: чим твердіша речовина, тим нижча її ентропія. Так, стандартна ентропія алмазу складає 2,439 Дж/моль·К, а графіту – 5,694 Дж/моль·К.

Із статистичного тлумачення ентропії випливає, що збільшення ентропії ізольованої системи відображає тільки найбільш ймовірне проходження реальних процесів, перехід системи з менш ймовірного стану в більш ймовірний. **Однак статистичне тлумачення ентропії не виключає можливості переходу системи з більш ймовірного в менш ймовірний стан, тобто не виключає можливості процесів, що супроводжуються зменшенням ентропії ізольованої системи, хоча ймовірність таких процесів дуже мала.** Наприклад, розрахунки польського вченого М.Смолуховського показують, що коли маємо один кубічний сантиметр газу за нормальних умов, то тільки 1 раз протягом  $10^{140}$  років можна спостерігати 1% відхилення густини газу від рівноважного значення.

### Властивості факторіала

1. Добуток всіх натуральних чисел від 1 до  $n$  називається **факторіалом числа  $n$**  і записується  $n!$  (читається, як "ен факторіал»).

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n; \text{ або } n! = (n - 1)!$$

2. Факторіал нуля та одиниці рівний одиниці:  $0! = 1$   
та  $1! = 1$

Це означає, що існує рівно одна можлива перестановка нульових об'єктів (оскільки нічого переставляти, єдиною можливою перестановкою може бути – це нічого не робити).

3. Для обрахунку факторіалу великих чисел використовують формулу Стірлінга. У багатьох випадках для наближеного значення факторіала досить розглядати лише головний член формули Стірлінга:

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n,$$

де  $e$  – натуральне число,  $e = 2,72$

4. При цьому можна стверджувати, що

$$\sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n e^{1/(12n+1)} < n! < \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n e^{1/(12n)}$$

В комбінаториці факторіал натурального числа  $n$  інтерпретується як кількість перестановок (упорядкування) безлічі, що складається з  $n$  елементів.

**1. Алгоритм розв'язку задачі на термодинамічну ймовірність системи, використовуючи її статистичний характер, за допомогою факторіала.**

*Приклад.1.* Обрахувати статистичну ймовірність розташування

а) двох бозонів у п'яти комірках;

б) трьох ферміонів у чотирьох комірках.

**Розв'язання:**

1. Бозон – це частинка з цілим спіном, а ферміон з половинним спіном.

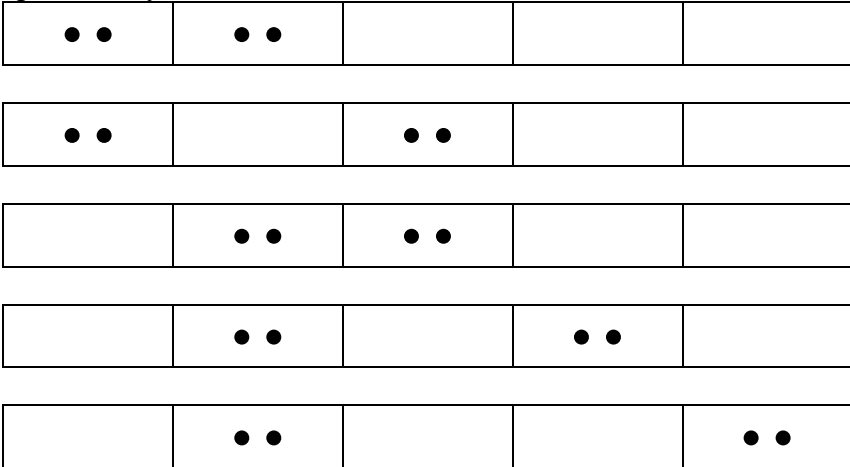
2. Щоб обрахувати термодинамічну ймовірність, потрібно використати таку формулу:



$$W = \frac{N!}{N_1! N_2! N_3! \dots N_n!},$$

де  $N!$  – число частинок;  $N_n!$  – число комірок, в яких розподілені  $n$  - частинок.

3. Бозони (парні частинки) в комірках можуть розташовуватися так:



4. Обрахуємо термодинамічну ймовірність кожного її мікростанів:

$$W_{1,2} = \frac{2!}{1! * 1! * 0! * 0! * 0!} = \frac{1 * 2}{1 * 1 * 1 * 1 * 1} = 2$$

$$W_{1,3} = \frac{2!}{1! * 0! * 1! * 0! * 0!} = \frac{1 * 2}{1 * 1 * 1 * 1 * 1} = 2$$

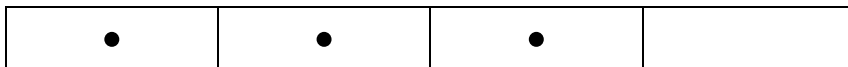
$$W_{2,3} = \frac{2!}{0! * 1! * 1! * 0! * 0!} = \frac{1 * 2}{1 * 1 * 1 * 1 * 1} = 2$$

$$W_{2,4} = \frac{2!}{0! * 1! * 0! * 1! * 0!} = \frac{1 * 2}{1 * 1 * 1 * 1 * 1} = 2$$

$$W_{2,5} = \frac{2!}{0! * 1! * 0! * 0! * 1!} = \frac{1 * 2}{1 * 1 * 1 * 1 * 1} = 2$$

Як бачимо, для двох бозонів розподіл у п'яти комірках однаковий.

5. Ферміони (непарні частинки) в комірках можуть розташовуватися так:



6. Обрахуємо термодинамічну ймовірність кожного її мікростанів:

$$W_3 = \frac{3!}{3!*0!*0!*0!} = \frac{1*2*3}{1*2*3*1*1*1} = 1$$

$$W_{1,2,3} = \frac{3!}{1!*1!*1!*0!} = \frac{1*2*3}{1*1*1*1} = 6$$

$$W_{2,1} = \frac{3!}{2!*1!*0!*0!} = \frac{1*2*3}{1*2*1*1*1} = 3$$

В даному випадку, найбільша ймовірність розташування ферміонів по одному в кожній комірці.

**2. Алгоритм розв'язку задачі на зміну ентропії системи, використовуючи її статистичний характер, за допомогою статистичної ймовірності та факторіала.**

*Приклад.2.* Обрахувати зміну ентропії 2 моль ідеального газу, який складається з бозонів, якщо дві частинки цього газу рівномірно розподілені в трьох просторових комірках.

**Розв'язання:**

1. Щоб обрахувати зміну ентропії ідеального газу за розподілом, потрібно використати формулу Больцмана, яку можна записати в такій формі:

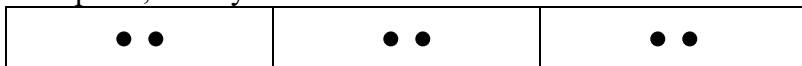
$$S = 2,3nR \lg W$$

2. Щоб обрахувати термодинамічну ймовірність ( $W$ ) потрібно використати таку формулу:

$$W = \frac{N!}{N_1! N_2! N_3! \dots N_n!},$$

де  $N!$  – число частинок;  $N_n!$  – число комірок, в яких розподілені  $n$  - частинок.

3. Відомо, що частинки бозони, тобто з цілим спіном, а також за умовою задачі сказано, що розподіл частинок рівномірний, а тому:



4. Обрахуємо термодинамічну ймовірність:

$$W = \frac{2!}{1! * 1! * 1!} = \frac{1 * 2}{1 * 1 * 1} = \frac{2}{1} = 2.$$

5. Обраховуємо зміну ентропії ідеального газу:

$$S = 2,3 * 2 * 8,31 * \lg 2 = 11,5 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

**Відповідь:**  $S = 11,5 \text{ Дж/Моль} \cdot \text{К}$ .

### Рекомендована література

**Основна:**

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.
2. Білий О.В. Фізична хімія / О.В. Білий. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 464 с.
3. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з

розв'язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.

4. Грабовський А.К. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.

#### *Додаткова:*

1. Степаненко О.М. Загальна та неорганічна хімія / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов. – К.: Пед.преса, 2000. – 784 с.

2. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв'язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.

3. Березан О.В. Енциклопедія хімічних задач / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 304 с.

4. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія Н.В. Романова. – К.: Вища школа, 1988. – 432 с.

#### *Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:*

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)

2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>

3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)

4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>

5. <https://miyklas.com.ua/p/algebra/9/elementi-kombinatoriki-statistiki-ta-teoriyi-imovirnostei-14366/kombinatorni-zadachi-14367/re-3e129dd8-9c04-4216-aba4-f2d6ae01c728>

#### **День практики №6**

**Тема: Обрахунки рН розчинів електролітів різної сили**

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

### План заняття:

1. Роз'яснення математичної складової теми.
2. Розгляд прикладів типових задач.
3. Розв'язування розрахункових задач з теми.

#### *I. Математичний аспект:*

1) Поняття ірраціонального числа  $e$ . Натуральний та десятковий логарифми, їх властивості

#### *II. Хімічний аспект:*

1) Поняття ірраціонального числа  $e$ . Натуральний та десятковий логарифми, їх властивості.

2) Електролітична дисоціація. Йонні рівняння.

3) Йонний добуток води. Водневий показник реакції середовища та його обрахунки.

4) Ступінь, константа дисоціації. Закон розведення Освальда.

5) Гідроліз солей. Задачі з використанням поняття гідролізу солей.

6) Задачі на буферні розчини.

2. Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.

3. За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

### Властивості десятичного логарифма

**Десятковим** називається логарифм натурального числа за основою 10:  $\log_{10}^a = \lg a$ . Для будь-яких  $x > 0$  та  $y > 0$  виконуються такі властивості логарифма:

1. Десятковий логарифм числа в степені:

$$\lg 10^x = x \text{ та } 10^{\lg x} = x$$

$$\frac{1}{\lg 10^x} = -x \text{ та } \lg x^n = n \lg(x)$$

2. Десятковий логарифм 1 та 10 становить:

$$\lg 1 = 0 \text{ та } \lg 10 = 1.$$

3. Логарифм добутку чисел:

$$\lg(x * y) = \lg(x) + \lg(y).$$

4. Логарифм частки:

$$\lg \frac{x}{y} = \lg(x) - \lg(y)$$

5. Залежність десяткового та натурального логарифмів:

$$\lg x = 2,3 \ln x$$

6. Інтегрування чила  $x$ :

$$\int \lg(x) dx = x \lg x - x \lg 10 + C$$

**Формули для обрахунку рН розчину:**

**рН сильних кислот:**  $pH = -\lg[H^+]$

**рН слабких кислот:**  $pH = \frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{кисл}}$

$$pH = 14 - pOH$$

**рН сильних основ:**

$$pH = 14 + \lg[H^+]$$

**рН слабких основ:**  $pH = 14 - \frac{1}{2} pK_{\text{осн}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{осн}}$

**рН кислотного буферу:**  $pH = pK_K - \lg \frac{C_K}{C_C}$

**рН основного буферу:**  $pH = 14 - pK_o - \lg \frac{C_C}{C_o}$

## 1. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок рН розчинів сильних електролітів.

*Приклад.1.* Обрахувати концентрації йонів Гідрогену, гідроксид-іонів, рН, рОН 0,1 н розчину натрій гідроксиду.

### **Розв'язання:**

1. NaOH – одноосновна сполука, тому 0,1 н = 0,1 М. NaOH – сильний електроліт, який повністю розпадається на йони у водному розчині. Значить, концентрація гідроксид-іонів та йонів натрію рівні вихідній молярній концентрації основи:

$$[\text{OH}^-] = [\text{Na}^+] = [\text{NaOH}] = 0,1 \text{ моль/л.}$$

2. З йонного добутку води  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$  знаходимо концентрацію  $\text{H}^+$ :

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \text{ моль/л}$$

3. Знаходимо рН розчину:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-13} = 13$

4. Знаходимо рОН розчину:  $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 10^{-1} = 1$ ,  
або  $\text{pOH} = 14 - 13 = 1$

**Відповідь:**  $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ моль/л}$ ;  $[\text{H}^+] = 10^{-13} \text{ моль/л}$ ;  $\text{pH} = 13$ ;  
 $\text{pOH} = 1$ .

## 2. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок рН розчинів слабких електролітів.

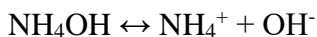
*Приклад.2.* Обчисліть концентрацію йонів  $\text{H}^+$  та гідроксид-іонів, рН та рОН 0,1 н розчину амоній гідроксиду.

### **Розв'язання:**

1.  $\text{NH}_4\text{OH}$  – одноосновна сполука, тому 0,1 н = 0,1 М.

Гідроксид амонію – слабкий електроліт, який розпадається на йони частково, тому концентрація йонів  $\text{NH}_4^+$  та  $\text{OH}^-$  в

розчині не дорівнюють вихідній молярній концентрації основи:



2. Вираз константи іонізації речовини можна записати так:

$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

3. За таблицею знаходимо  $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$ . З рівняння іонізації видно, що на кожний йон  $\text{OH}^-$ , що утворюється, в розчині з'являється йон  $\text{NH}_4^+$ , тобто  $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = x$ ,  $[\text{NH}_4\text{OH}]_{\text{неіон.}} = 0,1 - x$ . Підставимо значення концентрації у вираз константи іонізації. Отримаємо:

$$1,76 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x}$$

Величиною  $x$  в знаменнику можна знехтувати, так як кількість іонізованих молекул слабкого електроліту мала. Тоді  $1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 = x^2$

$$x = \sqrt{1,76 \cdot 10^{-6}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4. З рівняння йонного добутку води знаходимо:

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{1,33 \cdot 10^{-3}} = 7,51 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л}$$

5. Знаходимо рН розчину:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 7,51 \cdot 10^{-12} = -(\lg 7,51 + \lg 10^{-12}) = -0,8756 + 12 \approx 11,12$

6. З рівняння  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  обчислюємо рОН розчину:  $\text{pOH} = 14 - \text{pH}$ .  $\text{pOH} = 14 - 11,12 = 2,88$ .

**Відповідь:**  $[\text{OH}^-] = 1,33 \cdot 10^{-3}$  моль/л;  $[\text{H}^+] = 7,51 \cdot 10^{-12}$  моль/л;  $\text{pH} = 11,12$ ;  $\text{pOH} = 2,88$ .

### 3. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок рН буферних розчинів.

**Приклад.3.** Обрахувати рН буферної суміші, яка складається з 0,01 М розчинів оцтової кислоти та натрій ацетату. Показати, як зміниться рН при додаванні до 1 л



буферної суміші: а) 0,001 моль хлоридної кислоти; б) 0,001 моль натрій гідроксиду; в) при розбавленні водою в 10 разів.

**Розв'язання:**

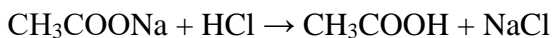
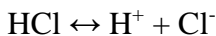
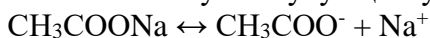
1. Формула для обрахунку рН кислотного буферу така:

$$pH = pK_K - \lg \frac{C_K}{C_C}$$

За таблицею  $pK_{CH_3COOH} = 4,76$ .

2. Обрахуємо рН розчину:  $pH = 4,76 - \lg \frac{0,01}{0,01} = 4,76$

а) при додаванні до буферної суміші 0,001 М хлоридної кислоти концентрація кислоти збільшиться на 0,001 моль, а концентрація солі зменшиться на 0,001 моль, так як 0,01 моль натрій ацетату перетвориться в рівну кількість моль оцтової кислоти (йони  $H^+$ , що вводяться з хлоридною кислотою, взаємодіють з ацетат-йонами солі і утворюють малоіонізовану сполуку оцтову кислоту):



3. А тому:

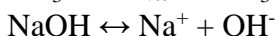
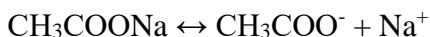
$$C_{\text{кисл.}} = 0,01 + 0,001 = 0,011 \text{ М}$$

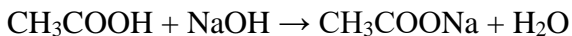
$$C_{\text{солі}} = 0,01 - 0,001 = 0,009 \text{ М}$$

4. Знаходимо рН розчину в цьому випадку:

$$pH = 4,76 - \lg \frac{0,011}{0,009} = 4,67$$

б) подібним чином при додаванні до 1 л буферної суміші 0,001 моль натрій гідроксиду, рівна кількість моль оцтової кислоти перетворюється в ацетат натрію (гідроксид-іони, які вводяться з лугом сполучаються з йонами  $H^+$  оцтової кислоти в малоіонізовані молекули води):





5. Звідси:

$$C_{\text{кисл.}} = 0,01 - 0,001 = 0,009 \text{ M}$$

$$C_{\text{солі}} = 0,01 + 0,001 = 0,011 \text{ M}$$

6. Обраховуємо рН розчину:  $\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{0,009}{0,011} = 4,85$

в) при розбавленні розчину в 10 разів змінюється концентрація речовин в десять разів:

$$C_{\text{кисл.}} = 0,01/10 = 10^{-3} \text{ M}$$

$$C_{\text{солі}} = 0,01/10 = 10^{-3} \text{ M},$$

тобто співвідношення  $C_{\text{кисл.}}/C_{\text{солі}}$  залишається без змін, а тому рН становить:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 4,76$$

**Відповідь:** рН1 = 4,76; рН2 = 4,67; рН3 = 4,85; рН4 = 4,76.

### Рекомендована література

#### *Основна:*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.

2. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв'язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.

3. Грабовський А.К. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.

#### *Додаткова:*

1. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв'язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.

2. Березан О.В. Енциклопедія хімічних задач / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 304 с.

3. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія Н.В. Романова. – К.: Вища школа, 1988. – 432 с.

***Довідково-інформаційні дані для проведення  
лабораторних робіт:***

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)
2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)
4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>
5. <https://miyklas.com.ua/p/algebra/9/elementi-kombinatoriki-statistiki-ta-teoriyi-imovirnostei-14366/kombinatorni-zadachi-14367/re-3e129dd8-9c04-4216-aba4-f2d6ae01c728>

**День практики №7**

**Тема:** *Розрахунки потенціалів за рівнянням Нернста*

**Мета:** узагальнити та систематизувати вміння і навички розв'язування розрахункових завдань різними математичними методами.

**План заняття:**

1. Роз'яснення математичної складової теми.
2. Розгляд прикладів типових задач.
3. Розв'язування розрахункових задач з теми.

***II. Хімічний аспект:***

- 1) Поняття про електродний потенціал, стандартний електродний потенціал.
- 2) Рівняння Нернста. Гальванічний елемент. Схема і система позначень. Електроорушійна сила.
- 3) Вплив рН середовища на перебіг ОВР реакції.
- 4) Розв'язування задач з використанням окисно-відновних реакцій.
- 5) Розв'язання задач за рівнянням Нернста.
- 6) Розв'язування задач на електроліз.

2. Вивчити основні формули, необхідні для розв'язування розрахункових задач з теми.

3. За варіантами розв'язати задачі, зазначені в темі.

## 1. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок потенціалу за рівнянням Нернста.

**Приклад.1.** Обчислити потенціал цинкового електрода, зануреного в розчин солі з концентрацією іонів цинку 0,001 М якщо  $\varphi^0_{Zn/Zn^{2+}} = -0,76$  В.

### Розв'язання:

1. Рівняння Нернста, яке використовується для обрахунків, у спрощеному вигляді таке:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}, \text{ де } n - \text{кількість електронів, що}$$

беруть участь в ОВР – напівреакції.

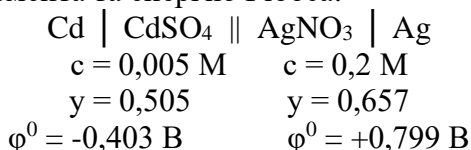
2. Підставляємо дані в обрахунки та знаходимо потенціал:

$$\begin{aligned} \varphi &= -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg 0,001 = -0,76 + 0,0295 * (-3) = \\ &= -0,76 - 0,09 = -0,85 \text{ В} \end{aligned}$$

**Відповідь:**  $\varphi = -0,85$  В.

## 2. Алгоритм розв'язку задачі на обрахунок ЕРС гальванічного елемента.

**Приклад.2.** Запишіть рівняння реакції, яке протікає в гальванічному елементі і розрахуйте його електрорушійну силу цього елемента та енергію Гіббса:



**Розв'язання:**

1. ЕРС гальванічного елемента обраховують за формулою:

$$E = \varphi_{ок} - \varphi_{від}.$$

Потенціал окисника завжди більший потенціалу відновника, оскільки ЕРС, як робота елемента, не може бути від'ємною.

Щоб визначити окисника, потрібно подивитися на стандартний електродний потенціал – у окисника він більший. Якщо це концентраційний елемент – то більша концентрація йону буде окисником.

В даному випадку, окисником є срібний електрод, оскільки його потенціал більший за потенціал кадмію. Тому схема гальванічного елемента виглядає так:



Електрони рухаються до срібла, тому біля кадмію (-).

2. Оскільки розчини обох солей – сильні електроліти, то потрібно порахувати активності йонів:  $\alpha = \gamma \cdot c$ . Знайдемо активності йонів  $Cd^{2+}$  та  $Ag^+$ :

$$\alpha(Cd^{2+}) = 0,505 * 0,005 = 0,0025 \text{ моль / л}$$

$$\alpha(Ag^+) = 0,657 * 0,2 = 0,13 \text{ моль / л}$$

3. Оремо обраховуємо потенціали окисника та відновника за рівнянням Нернста:

$$\begin{aligned} \varphi_{Ag^+/Ag} &= 0,799 + \frac{0,059}{1} \lg 0,13 = 0,799 + 0,059 * (-0,89) = \\ &= 0,799 - 0,05 = 0,749 \text{ В} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{Cd^{2+}/Cd} &= -0,403 + \frac{0,059}{2} \lg 0,0025 = -0,403 + 0,0295 * (-2,6) = \\ &= -0,403 - 0,08 = -0,483 \text{ В} \end{aligned}$$

4. Знаходимо ЕРС елемента:  $E = 0,749 - (-0,483) = 1,23 \text{ В}$

5. Зв'язок ЕРС з енергією Гіббса описується формулою:

$\Delta G = -zFE$ , де  $z$  – заряд йона окисника;  $F$  – число Фарадея,  $96500 \text{ Кл}^{-1}$ ;  $E$  – ЕРС елемента.

Якщо енергія Гіббса від'ємна – то елемент правильно складений, а якщо навпаки – то знаки полюсів необхідно змінити.

6. Обраховуємо енергію Гіббса гальванічного елемента:

$$\Delta G = -1 \cdot 96500 \cdot 1,23 = -118695 \approx -118,7 \text{ кДж/моль.}$$

**Відповідь:**  $E = 1,23 \text{ В}$ ;  $\Delta G = -118,7 \text{ кДж/моль}$ .

### 3. Алгоритм розв'язку задачі на закони електролізу Фарадея.

**Приклад.3.** За 5 годин електролізу при струмі  $25 \text{ А}$  виділилось  $125 \text{ г}$  міді. Який вихід міді (%) за струмом?

**Розв'язання:**

1. Математичний вираз першого закону Фарадея:

$$m = \frac{EIt}{F},$$

де  $m$  – теоретична маса речовини, що виділиться при електролізі, г;  $I$  – сила струму, А;  $t$  – час, с;  $E$  – хімічний еквівалент;  $F$  – число Фарадея ( $9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл} \cdot \text{г} \cdot \text{екв}^{-1}$ ).

Якщо  $t = \text{с}$ , то  $F = 96500 \text{ Кл}^{-1}$ ; якщо  $t = \text{год}$ , то  $F = 26,5 \text{ А} \cdot \text{год}$ .

2. Мідь приєднує 2 е, а тому її молярна маса еквівалента  $M_{\text{екв}} = 64/2 = 32 \text{ г/мольекв}$ .

3. Обраховуємо теоретичну масу міді за законом електролізу:

$$m(\text{Cu}) = \frac{ItM_{\text{екв}}}{F} = \frac{25 \cdot 5 \cdot 32}{26,8} = 149,3 \text{ (г.)}$$

4. Обраховуємо вихід міді за струмом:

$$\eta(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})_{\text{практ.}}}{m(\text{Cu})_{\text{теор.}}} = \frac{125}{149,3} = 0,837 = 83,7\%$$

**Відповідь:**  $\eta = 83,7\%$ .

## Рекомендована література

### *Основна:*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.
2. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв’язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.
3. Грабовський А.К. Методика розв’язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.

### *Додаткова:*

1. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв’язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.
2. Березан О.В. Енциклопедія хімічних задач / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 304 с.
3. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія Н.В. Романова. – К.: Вища школа, 1988. – 432 с.

### *Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:*

1. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)
2. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)
4. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>

[5.https://miyklas.com.ua/p/algebra/9/elementi-kombinatoriki-statistiki-ta-teorii-imovirnostei-14366/kombinatorni-zadachi-14367/re-3e129dd8-9c04-4216-aba4-f2d6ae01c728](https://miyklas.com.ua/p/algebra/9/elementi-kombinatoriki-statistiki-ta-teorii-imovirnostei-14366/kombinatorni-zadachi-14367/re-3e129dd8-9c04-4216-aba4-f2d6ae01c728)

## **ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

### **День практики №1**

1. Суміш алюмінію та цинку (1:1) спалили в атмосфері хлору, витративши на це 1,5 л газу (н.у.). Визначте масу вихідної суміші.

2. Суміш натрій броміду та калій хлориду масою 15 г розчинили у воді. Крізь приготований розчин пропустили 1 л хлору (н.у.). Визначити масові частки вихідних солей, вважаючи, що речовини повністю прореагували з газом.

3. Суміш натрій та калій хлоридів масою 45 г обробили надлишком концентрованої сульфатної кислоти, при цьому одержали 15 л газу (н.у.). Визначити масові частки солей в суміші (у %).

4. При термічному розкладанні суміші магній оксиду та магній карбонату масою 58,4 г одержали 32 г твердого залишку. Обчисліть масову частку (у %) магній оксиду у суміші.

5. Під час обпалювання 4,11 г суміші  $\text{FeS}_2$  та  $\text{ZnS}$  в кисні виділився газ, який пропустили через сірководневу воду, взяту в надлишку. Утворилось 4,8 г жовтого осаду. Визначте масу піриту в суміші.

6. Суміш алюмінію та цинку масою 25 г розчинили в 1088 мл 10 % розчину сульфатної кислоти ( $\rho = 1,07$  г/мл). Визначити масову частку алюмінію в суміші.

7. Суміш натрій карбонату та натрій гідрогенкарбонату масою 43,8 г нагрівали за високих температур, доки маса не перестала змінюватись. Маса твердого залишку становила 41,1 г. Визначте масові частки (у %) солей у вихідній суміші.



## День практики №2

8. 2 л хлору, 20 л кисню і 8 л карбон діоксиду взятих під тиском відповідно  $2 \times 10^5$  Па,  $3 \times 10^5$  Па та  $6 \times 10^5$  Па перекачані в балон об'ємом 80 л. Розрахувати під яким тиском знаходиться суміш і парціальний тиск кожного газу в суміші.

9. 5,9 л кисню, 12,5 л азоту і 8,8 л карбон діоксиду взятих під тиском відповідно  $3 \times 10^5$  Па,  $6 \times 10^5$  Па та  $9 \times 10^5$  Па перекачані в балон об'ємом 44,5 л. Розрахувати під яким тиском знаходиться суміш і парціальний тиск кожного газу в суміші.

10. Змішано 5 л азоту, який перебував під тиском  $1,8 \times 10^5$  Па та 13 л водню. Загальний об'єм суміші 18 л, загальний тиск  $1,5 \times 10^5$  Па. Під яким тиском був взятий водень?

11. Змішано 15 л хлору, який перебував під тиском  $2,3 \times 10^5$  Па та 15 л кисню. Загальний об'єм суміші 35 л, загальний тиск  $1,8 \times 10^5$  Па. Під яким тиском був взятий кисень?

12. Константа рівноваги  $K_f$  реакції:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  при температурі 450 °С дорівнює  $7,7 \times 10^{-6}$ . Чи буде проходити утворення аміаку в газовій суміші, яка складається з азоту, водню і аміаку, якщо вихідні тиски цих речовин мають таке значення:

№	$P_{N_2}, \text{Па}$	$P_{H_2}, \text{Па}$	$P_{NH_3}, \text{Па}$
а	$1,1 \times 10^{35}$	$1,5 \times 10^{100}$	$1,3 \times 10^{100}$
б	$1,5 \times 10^{45}$	$1,5 \times 10^{90}$	$1,5 \times 10^{150}$
в	$1,8 \times 10^{55}$	$1,0 \times 10^{100}$	$1,1 \times 10^{110}$
г	$2,5 \times 10^{15}$	$2,1 \times 10^{10}$	$3,5 \times 10^{80}$
д	$3,3 \times 10^{25}$	$1,2 \times 10^{110}$	$1,9 \times 10^{200}$
е	$1,1 \times 10^{65}$	$1,1 \times 10^{50}$	$1,1 \times 10^{50}$
ж	$5,5 \times 10^{75}$	$3,3 \times 10^{150}$	$1,1 \times 10^{100}$
з	$2,2 \times 10^{85}$	$1,8 \times 10^{150}$	$1,9 \times 10^{200}$
і	$3,7 \times 10^{105}$	$1,6 \times 10^{100}$	$8,1 \times 10^{300}$

<b>к</b>	$1,4 \times 10^{95}$	$1,0 \times 10^{130}$	$1,0 \times 10^{100}$
<b>л</b>	$5,8 \times 10^{25}$	$1,5 \times 10^{30}$	$1,1 \times 10^{50}$
<b>м</b>	$4,4 \times 10^{15}$	$1,4 \times 10^{70}$	$1,4 \times 10^{90}$
<b>н</b>	$6,6 \times 10^{75}$	$1,8 \times 10^{110}$	$1,0 \times 10^{200}$
<b>о</b>	$3,3 \times 10^{65}$	$1,0 \times 10^{65}$	$1,0 \times 10^{65}$
<b>п</b>	$8,8 \times 10^{55}$	$8,9 \times 10^{160}$	$1,1 \times 10^{150}$
<b>р</b>	$6,2 \times 10^{55}$	$1,9 \times 10^{140}$	$1,4 \times 10^{300}$
<b>с</b>	$1,0 \times 10^{115}$	$1,0 \times 10^{125}$	$1,0 \times 10^{155}$
<b>т</b>	$2,0 \times 10^{70}$	$2,0 \times 10^{80}$	$2,0 \times 10^{90}$
<b>у</b>	$9,8 \times 10^{100}$	$1,1 \times 10^{100}$	$1,0 \times 10^{100}$
<b>ф</b>	$7,7 \times 10^{150}$	$1,7 \times 10^{200}$	$1,1 \times 10^{400}$

### День практики №3

**13.** Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул кисню при  $35^\circ\text{C}$ . При якій температурі таку ж середню квадратичну швидкість будуть мати молекули хлору?

**14.** Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{H}_2$  при  $0$  і  $100^\circ\text{C}$ . При якій температурі середня квадратична швидкість молекул досягне  $700$  м/с?

**15.** Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{CO}$  при  $0$  і  $50^\circ\text{C}$ . При якій температурі таку ж середню квадратичну швидкість будуть мати молекули азоту?

**16.** Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{N}_2$  при  $-10$  і  $+10^\circ\text{C}$ . При якій температурі середня квадратична швидкість молекул досягне  $200$  м/с?

**17.** Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{SO}_2$  при  $110^\circ\text{C}$ . При якій температурі таку ж середню квадратичну швидкість будуть мати молекули водню?

18. Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{CH}_4$  при 10 і  $80^\circ\text{C}$ . При якій температурі середня квадратична швидкість молекул досягне 100 м/с?

19. Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{NH}_3$  при  $45^\circ\text{C}$ . При якій температурі таку ж середню квадратичну швидкість будуть мати молекули вуглекислого газу?

20. Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{NO}$  при  $-30$  і  $+30^\circ\text{C}$ . При якій температурі середня квадратична швидкість молекул досягне 800 м/с?

21. Розрахуйте середню квадратичну та арифметичну швидкості руху молекул  $\text{CO}_2$  при  $150^\circ\text{C}$ . При якій температурі таку ж середню квадратичну швидкість будуть мати молекули аміаку?

#### День практики №4

22. Розрахуйте скільки грамів срібла міститься в 500 мл насиченого розчину аргентум фосфату.  $DP_{\text{Ag}_3\text{PO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-20}$ .

23. В 100 мл насиченого розчину міститься  $2,5 \cdot 10^{-4}$  г барій сульфату. Розрахуйте його добуток розчинності.

24. Розрахуйте добуток розчинності магній карбонату, якщо в 1 л насиченого розчину його міститься 0,27 г солі.

25. Розчинність ферум (III) гідроксиду при температурі  $20^\circ\text{C}$  рівна  $2 \cdot 10^{-8}$  г/л. Розрахуйте його добуток розчинності.

26. Розчинність кальцій карбонату при деякій температурі рівна  $1,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Розрахуйте добуток розчинності цієї солі.

27. Знайти добуток розчинності плюмбум хлориду, якщо в 100 мл насиченого його розчину міститься 0,445 г солі.

28. Розчинність барій карбонату рівна  $8,9 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Розрахуйте концентрацію йонів  $[\text{Ba}^{2+}]$  та  $[\text{CO}_3^{2-}]$  і добуток розчинності барій карбонату.

**29.** Розчинність  $\text{AgI}$  при  $25^\circ\text{C}$  рівна  $2,865$  г/л. Розрахуйте добуток розчинності  $\text{AgI}$ .

**30.** Розчинність  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  при  $25^\circ\text{C}$  дорівнює  $1,31 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Розрахуйте добуток розчинності аргентум хромату.

**31.** За розчинністю  $\text{PbSO}_4$  і  $\text{PbI}_2$  рівною відповідно  $0,045$  та  $0,300$  г/л, розрахувати добуток розчинності цих солей.

**32.** Добуток розчинності  $\text{AgSCN}$  дорівнює  $1,16 \cdot 10^{-12}$ . Розрахувати розчинність в молях на літр аргентум роданіду у воді і концентрацію йонів срібла в насиченому розчині  $\text{AgSCN}$ .

**33.** Добуток розчинності  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$  рівний  $1,5 \cdot 10^{-32}$ . Розрахуйте розчинність цієї солі в грамах на літр.

**34.** Добуток розчинності  $\text{SrSO}_4$  рівний  $2,8 \cdot 10^{-7}$ . Розрахувати розчинність цієї солі в молях на літр.

### День практики №5

**35.** Обрахувати зміну ентропії найбільш ймовірного розподілу  $1,5$  моль ідеального газу, який складається з ферміонів, якщо три частинки цього газу розподіляються по - різному в п'яти просторових комірках.

**36.** Обрахувати зміну ентропії  $2,5$  моль ідеального газу, який складається з бозонів, якщо частинки цього газу рівномірно розподілені в шести просторових комірках.

**37.** Обрахувати зміну ентропії найбільш ймовірного розташування у просторі  $8$  моль ідеального газу, який складається з ферміонів, якщо чотири частинки цього газу розподілені по - різному в дев'яти просторових комірках.

**38.** Обрахувати зміну ентропії  $3,7$  моль ідеального газу, який складається з бозонів, якщо частинка цього газу розподілена по - різному в трьох просторових комірках.

**39.** Обрахувати зміну ентропії найбільш ймовірного розташування у просторі  $2,2$  моль ідеального газу, який складається з ферміонів, якщо дві частинки цього газу розподілені по - різному в чотирьох просторових комірках.

**40.** Обрахувати зміну ентропії 6 моль ідеального газу, який складається з бозонів, якщо дві частинки цього газу розподілені по - різному в п'яти просторових комірках.

### День практики №6

**41.** Обрахувати концентрацію йонів гідрогену і рН розчину, якщо в 1 л води міститься 3,65 г хлороводню.

**42.** Обрахувати концентрацію йонів  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  розчину, рН якого дорівнює 10,33.

**43.** Обрахувати концентрацію йонів гідрогену, рН та рОН 0,01 М розчину, бензойної кислоти  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ , якщо  $K_{\text{іон.}} = 6,6 \cdot 10^{-5}$ .

**44.** Водневий показник дорівнює 4,4. Визначте величину рОН, концентрацію йонів гідрогену і гідроксид-йонів.

**45.** Обчислити рН 0,1843 М розчину бромоводню, ступінь дисоціації якого становить 91,7%.

**46.** Обчислити рН: 0,05 М розчину карбонатної кислоти.

**47.** Чому дорівнює рН буферної суміші, яка містить по 0,1 моль амоній гідроксиду і амоній хлориду?

**48.** Обрахуйте концентрацію йонів  $\text{H}^+$  та рН ацетатної буферної суміші, яка містить 0,1 М оцтової кислоти та 0,01 М натрій ацетату.

**49.** Чому рівний рН суміші, якщо до 2 л води додали 17 г муршиної кислоти і 1,7 г калій форміату?

### День практики №7

**50.** Гальванічний елемент складається із цинкового та свинцевого електродів. Обрахуйте ЕРС гальванічного елемента, якщо концентрація  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  в розчині становить 0,2 М, а  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  – 0,4 М. ( $\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76$  В,  $\varphi_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0,13$  В). Визначте, якому значенню  $\Delta G$  відповідає дана ЕРС? Напишіть схему гальванічного елемента.

**51.** Гальванічний елемент складається із нікелевого та мідного електродів. Обрахуйте ЕРС гальванічного

елемента, якщо концентрація  $\text{NiCl}_2$  в розчині становить 0,04 М, а  $\text{CuCl}_2$  – 0,06 М. ( $\varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^{\circ} = - 0,25 \text{ В}$ ,  $\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} = + 0,34 \text{ В}$ ). Визначте, якому значенню  $\Delta G$  відповідає дана ЕРС? Напишіть схему гальванічного елемента.

**52.** Гальванічний елемент складається із талієвого та срібного електродів. Обрахуйте ЕРС гальванічного елемента, якщо концентрація  $\text{TlNO}_3$  в розчині становить 0,12 М, а  $\text{AgNO}_3$  – 0,22 М. ( $\varphi_{\text{Tl}^+/\text{Tl}}^{\circ} = - 0,34 \text{ В}$ ,  $\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} = + 0,80 \text{ В}$ ). Визначте, якому значенню  $\Delta G$  відповідає дана ЕРС? Напишіть схему гальванічного елемента.

**53.** Гальванічний елемент складається із залізного та золотого електродів. Обрахуйте ЕРС гальванічного елемента, якщо концентрація  $\text{FeCl}_3$  в розчині становить 0,03 М, а  $\text{AuCl}_3$  – 0,04 М. ( $\varphi_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}}^{\circ} = - 0,04 \text{ В}$ ,  $\varphi_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}}^{\circ} = + 1,50 \text{ В}$ ). Визначте, якому значенню  $\Delta G$  відповідає дана ЕРС? Напишіть схему гальванічного елемента.

**54.** Гальванічний елемент складається із кобальтового та мідного електродів. Обрахуйте ЕРС гальванічного елемента, якщо концентрація  $\text{CoSO}_4$  в розчині становить 0,003 М, а  $\text{CuSO}_4$  – 0,001 М. ( $\varphi_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^{\circ} = - 0,25 \text{ В}$ ,  $\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} = + 0,34 \text{ В}$ ). Визначте, якому значенню  $\Delta G$  відповідає дана ЕРС? Напишіть схему гальванічного елемента.

### **День практики № 8**

*Узагальнення та повторення матеріалу.*

### **День практики № 9**

*Оформлення та подача звітної документації.*

### **День практики № 10**

*Захист звітних документацій, щоденників та звітів практики.*

**Зразок оформлення документації практики:**

***Додаток № 1. Зразок оформлення щоденника***

**Житомирський державний університет імені Івана  
Франка  
Кафедра хімії**

**ЩОДЕННИК  
НАЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ  
«НАЗВА»  
(ВІД ДАТИ – ДО ДАТИ)**

**Судента \_\_\_\_\_ групи**

---

---

---

**Житомир – 20\_\_**

В щоденнику практики пишеться дата, День практики та розв'язані задачі (завдання) з практики, а також висновки роботи.

*Додаток № 2. Звіт практики*

Житомирський державний університет імені Івана  
Франка  
Кафедра хімії

**ЗВІТ  
НАЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ  
«НАЗВА»  
ЗА ПЕРІОД (ВІД ДАТИ – ДО ДАТИ)**

Судента \_\_\_\_\_ групи

---

---

---

Житомир – 20\_\_

В звіті практики записується індивідуальне завдання навчальної практики **за варіантами** у формі виконаних завдань з кожного дня практики та загальний висновок практики.

*Додаток № 2. Розподіл балів (оцінка) за темами*

Індивідуальні завдання лабораторних робіт								Сума
1	2	3	4	5	6	7	8-10	96*
12	12	12	12	12	12	12	12	

\* + 4 бали за опрацювання цієї методички.



## Рекомендована література

### *Базова*

1. Ольга Березан Збірник задач з хімії / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2016. – 352 с.
2. Грабовський А.К. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії / А.К. Грабовський. – Черкаси: Відлуння-Плюс, 2004. – 214 с.
3. Білий О.В. Фізична хімія / О.В. Білий. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 464 с.
4. Кочерга І.І. Олімпіади з хімії: Збірник задач всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв'язаннями, вказівками, відповідями / І.І. Кочерга, Ю.В. Холін, Л.О. Слета та ін. – Харків: Веста; Ранок, 2004. – 210 с.
5. Сегеда А.С., Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз / А.С. Сегеда, Р.Л. Галаган. – К.: ЦУЛ, 2002. – 430с.
6. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний і кількісний аналіз. Навчально-методичний посібник / А.С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2003. – 312с.
7. Слета Л.А. 2002 задачі по химии / Л.А. Слета, Ю.В. Холин. – Харьков: Фолио, 2003. – 685 с

### *Допоміжна*

1. Хімія: Олімпіадні завдання та їх розв'язування / Упор. В.І. Староста. – Київ: Либідь, 1996. – 210 с.
2. Сорока Л.В. Хімія. Екологічні задачі / Л.В. Сорока. – Тернопіль: Мандрівець, 2003. – 144 с.
3. Рязанцева А.П. Техника решения и традиционные ловушки в олимпиадных задачах / А.П. Рязанцева, О.А. Жикол. – Харьков, 1997. – 70 с.
4. Степаненко О.М. Загальна та неорганічна хімія / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Иванов. – К.: Пед.преса, 2000. – 784 с.
5. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія Н.В. Романова. – К.: Вища школа, 1988. – 432 с.

6. Березан О.В. Енциклопедія хімічних задач / О.В. Березан. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 304 с.

**Інформаційні ресурси (в електронному режимі доступу):**

5. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij\\_matem\\_dovuzpidgot\\_studinozem/tema16.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/icgn/9krayevskij_matem_dovuzpidgot_studinozem/tema16.html)

6. <https://subject.com.ua/lesson/mathematics/algebra10/33.html>

7. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне\\_рівняння](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квадратне_рівняння)

8. <https://yukhym.com/uk/matematika/logarifm.html>

9. <https://vseosvita.ua/library/logarifmi-ta-ih-vlastivosti-220683.html>

10. <https://miyklas.com.ua/p/algebra/9/elementi-kombinatoriki-statistiki-ta-teoriyi-imovirnostei-14366/kombinatorni-zadachi-14367/re-3e129dd8-9c04-4216-aba4-f2d6ae01c728>

11. <http://znaimo.com.ua/Факторіал>

12. <https://cubens.com/uk/tables-and-formulas/basic-tables/table-factorials>

13. <https://studfile.net/preview/5171402/page:3/>

14. <https://works.doklad.ru/view/bz77PP4OurI.html>

15. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ебуліоскопічна\\_константа](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ебуліоскопічна_константа)

16. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Статистика\\_Фермі\\_—\\_Дірака](https://uk.wikipedia.org/wiki/Статистика_Фермі_—_Дірака)

17. [https://fizmat.7mile.net/materialoznavstvo/2\\_2\\_1-sistema-cement-ferum.html](https://fizmat.7mile.net/materialoznavstvo/2_2_1-sistema-cement-ferum.html)

18. Бібліотека Житомирського державного університету імені Івана Франка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://library.zu.edu.ua/>

19. портал <http://project.zu.edu.ua/>