

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

**Завдання та методичні
вказівки до розрахунково-
графічної роботи**

для самостійної роботи студентів

Київ

2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Завдання та методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи

для самостійної роботи студентів
хіміко-технологічного факультету

Київ

2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Завдання та методичні вказівки до розрахунково- графічної роботи

для самостійної роботи студентів

хіміко-технологічного факультету

Укладачі: *Лісовська Ірина Володимирівна*

Пацкова Тетяна Валентинівна

Шпак Арсеній Євгенович

Рецензент: д.т.н., проф. Лінючева Ольга Володимирівна

Відповідальний редактор: проф. Андрійко Олександр Опанасович

Київ

2014

Вступ

Виконана розрахунково-графічна робота подається у зошиті (12-24 стор.), на форзаці якого наводиться номер варіанту та таблиця з номерами тем та завдань (згідно отриманого номера варіанту) у наступному вигляді:

№ теми	Тема 1	Тема 2			...
№ задачі	1.2	2.1	2.2	2.3	...
Оцінка					...

Якщо таблиця не вміщується на форзаці за шириною, її можна продовжити нижче.

Виконання кожної нової задачі слід починати з нової сторінки. На початку сторінки необхідно навести повне, без скорочень, формулювання умови завдання. Якщо виконанням вказаного завдання починається нова тема, треба зазначити її назву перед повною умовою цього завдання.

Якщо завдання сформульоване у вигляді задачі, необхідно навести її скорочені умови, розв'язок та відповідь. Розв'язок необхідно супроводжувати короткими **поясненнями**, які дозволяють простежити за його послідовністю та використанням певних правил, законів і т.п., наприклад: "... Як впливає з закону еквівалентів (загальна формула)...". Слід завжди наводити рівняння – математичні вирази певних законів та математичні перетворення, якщо розв'язок вимагатиме їх використання.

Якщо завдання сформульоване у вигляді питання, слід дати відповідь на нього, наводячи відповідні **пояснення** (там, де це необхідно за умовою), не обмежуючись констатацією певного факту чи наведенням формулювання того чи іншого закону.

При поданні графіків необхідно керуватися такими правилами.

Кожен графік подається на міліметровому папері, висота графіка має приблизно відповідати його ширині і становити 7÷10 см. Осі координат викреслюють суцільними лініями із стрілками на кінцях. На осях вказують умовні позначення величин, що відкладаються, та їх розмірності у загальноприйнятих скороченнях.

Щоб на графіку можна було легко визначити координати будь-якої нанесеної точки, крок поданої шкали (який на графіку найчастіше повинен займати 1см) має відповідати одній, двом або п'яти одиницям (або цим значенням, помноженим на 10^n , де n – ціле число). Крок шкали підбирають так, щоб уникнути захаращення графіка зайвими позначеннями на шкалі. Водночас кількість цих позначок повинна бути достатньою для визначення координат точок.

Масштаб по кожній з осей координат підбирають так, щоб побудована крива займала майже всю площу графіка. Для цього шкалу починають і закінчують значеннями, близькими до округлених координат крайніх експериментальних точок. Доцільно обрати початок та кінець відліку шкали за величини, кратні до 1, 2 або 5, як і крок цієї шкали. Наприклад, якщо певна величина змінюється від 0,32 до 0,78, мінімальне значення шкали обмежують величиною 0,3, а максимальне – 0,8. Тоді за крок шкали доцільно взяти величину 0,1. Починати шкалу з нульового значення не обов'язково, якщо це не потрібно спеціально.

Дані наносять на графік у вигляді точок. У разі розкиду точок з-за похибок вимірювання проводять плавну криву якомога ближче до всіх нанесених точок. Криву проводять тонкою лінією так, щоб точки вирізнялися на графіку. Якщо з теорії випливає, що залежність лінійна, то проводять пряму. Для визначення параметрів лінійної залежності можна застосувати методи математичної статистики.

Тема 1

СТЕХІОМЕТРИЧНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЕ ВЧЕННЯ

1.1. Розрахуйте еквівалентну масу металу, підберіть значення його валентності та назвіть метал, користуючись даними табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Варіант	Умова завдання
1	14,7 г розведеної H_2SO_4 без залишку прореагували з 16,8 г металу
2	3,24 г металу утворюють 3,48 г оксиду
3	1,62 г металу при взаємодії з сульфуром утворюють 1,86 г сульфїду
4	Для окиснення 8,34 г металу витрачено 0,68 л кисню (н. у.)

Продовження таблиці 1.1

5	При взаємодії води та 1,28 г металу утворилось 380 мл водню, об'єм водню виміряно за температури 21°C та тиску 104,5 кПа
6	Під час дії надлишку кислоти на 0,35 г металу утворилось 209 мл водню за температури 20 °С і тиску 102 кПа
7	0,604 г металу витіснили з кислоти 581 мл водню (18 °С, 103,5 кПа)
8	Метал масою 5,62 г спалили в колбі місткістю 5 л, у якій був кисень за н.у.; після охолодження до 0 °С тиск кисню в колбі зменшився до 0,888 атм.
9	3 15 г карбонату металу після повного термічного розкладу утворилося 8,4 г оксиду
10	Внаслідок перетворення металу на оксид маса збільшилася в 1,4 рази
11	1,51 г оксиду металу відновили воднем, при цьому утворилося 0,36 г води
12	2,5 г карбонату металу під час реакції з надлишком азотної кислоти утворюють 4,1 г нітрату
13	Внаслідок термічного розкладу 4,2 г карбонату металу утворилося 2,0 г його оксиду
14	6,4 г кальцію витісняють із кислоти стільки ж водню, як і 10,46 г іншого металу
15	0,243 г металу спалили в атмосфері кисню в закритій посудині; після зведення об'єму кисню, що залишився, до н.у., встановлено, що він зменшився на 112 мл
16	На повну нейтралізацію 3 г гідроксиду металу витрачено 4,52 г HCl
17	Внаслідок взаємодії 5,8 г гідроксиду металу з надлишком сульфатної кислоти утворилося 11,4 г сульфату
18	Після розкладу 6,27 г карбонату металу утворилося 4,07 г оксиду
19	Однакова кількість металу може бути перетворена на 1,55 г оксиду або на 1,95 г сульфїду
20	2,015 г оксиду і 2,815 г сульфїду містять однакову кількість металу
21	1,7 г оксиду і 2,5 г сульфїду металу містять однакову кількість металу

1.2. У наведених у табл.1.2 задачах визначити еквівалент, еквівалентну масу та молярну масу еквівалентів складної речовини

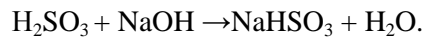
Таблиця 1.2

Варіант	Умова завдання
22	Селенистої кислоти H_2SeO_3 в реакціях: а) її окиснення до селенової кислоти H_2SeO_4 ; б) відновлення до селену
23	Хлориду феруму (II) в реакціях: а) з хлором; б) з надлишком лугу
24	Хлориду феруму(III) в реакціях: а) обміну з надлишком лугу; б) відновлення до хлориду феруму (II)
25	Оксиду феруму (III) в реакціях: а) з надлишком сильної кислоти; б) відновлення воднем до оксиду феруму (II)
26	Гідроксиду хрому (II) в реакціях: а) окиснення киснем до гідроксиду хрому (III); б) з надлишком соляної кислоти

Приклад розв'язання:

Завдання: Визначити еквівалент, еквівалентну масу та молярну масу еквівалентів сірчистої кислоти в реакціях: а) з лугом з утворенням кислотної солі; б) з киснем.

а) Складаємо рівняння реакцій:



У цьому випадку сірчиста кислота вступає в реакцію нейтралізації. В такому випадку число еквівалентності кислоти визначається числом атомів гідрогену в молекулі кислоти, що заміщуються на катіон основи. У наведеній реакції на одну молекулу кислоти припадає тільки один такий атом (другий не заміщується). Тому число еквівалентності H_2SO_3 дорівнює одиниці ($Z = 1$), і еквівалент кислоти відповідає одній молекулі.

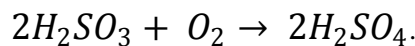
Еквівалентна маса кислоти визначається як відношення молекулярної маси до числа еквівалентності.

$$\text{Тому } E_r \left(\frac{1}{Z} \text{H}_2\text{SO}_3 \right) = \frac{M_r(\text{H}_2\text{SO}_3)}{Z} = \frac{82}{1} = 82.$$

За визначенням молярна маса еквівалентів та еквівалентна маса чисельно співпадають, але мають різну розмірність, тому

$$M \left(\frac{1}{Z} \text{H}_2\text{SO}_3 \right) = \frac{M(\text{H}_2\text{SO}_3)}{Z} = \frac{82 \text{ г/моль}}{1} = 82 \text{ г/моль}.$$

б) Складаємо рівняння реакції:



У цьому випадку відбувається окисно-відновна реакція, в якій H_2SO_3 виступає відновником. В таких реакціях число еквівалентності відновника (окисника) відповідає кількості відданих(прийнятих) електронів в розрахунку на одну формульну одиницю (молекулу). Тому для H_2SO_3 число еквівалентності дорівнює двом ($Z = 2$).

Знаходимо еквівалентну масу кислоти:

$$E_r \left(\frac{1}{Z} \text{H}_2\text{SO}_3 \right) = \frac{M_r(\text{H}_2\text{SO}_3)}{Z} = \frac{82}{2} = 41.$$

Молярна маса еквівалентів кислоти чисельно дорівнює її еквівалентній масі:

$$M \left(\frac{1}{Z} \text{H}_2\text{SO}_3 \right) = \frac{M(\text{H}_2\text{SO}_3)}{Z} = \frac{82 \text{ г/моль}}{2} = 41 \text{ г/моль}.$$

Тема 2

БУДОВА АТОМА. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН ТА ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ

2.1. Значення довжин хвиль (λ , нм) основних ліній характеристичного рентгенівського спектра для відомих елементів (A, B, C) наведені в табл.2.1

а) за трьома точками (A, B, C) побудуйте графік залежності $\sqrt{\frac{1}{\lambda}}$ від порядкового номера елемента;

б) знаючи довжину хвилі лінії характеристичного рентгенівського спектра для елемента X (табл. 2.1), визначте з побудованого графіка порядковий номер цього елемента та назвіть його.

Таблиця 2.1

Варіант	Елемент; λ , нм			
	A	B	C	D
1	2	3	4	5
1	Al; $\lambda K_{\alpha} = 0,8336$	K; $\lambda K_{\alpha} = 0,3741$	Ti; $\lambda K_{\alpha} = 0,2744$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,7128$
2	K; $\lambda K_{\alpha} = 0,3741$	Ti; $\lambda K_{\alpha} = 0,2744$	Fe; $\lambda K_{\alpha} = 0,1936$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,2289$
3	Ti; $\lambda K_{\alpha} = 0,2744$	Fe; $\lambda K_{\alpha} = 0,1936$	Zn; $\lambda K_{\alpha} = 0,1435$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,1544$
4	Fe; $\lambda K_{\alpha} = 0,1936$	Zn; $\lambda K_{\alpha} = 0,1435$	Ge; $\lambda K_{\alpha} = 0,1254$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,1793$
5	Mn; $\lambda K_{\alpha} = 0,2106$	Cu; $\lambda K_{\alpha} = 0,1544$	Se; $\lambda K_{\alpha} = 0,1105$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,1657$
6	Cr; $\lambda K_{\alpha} = 0,2289$	Ni; $\lambda K_{\alpha} = 0,1657$	Se; $\lambda K_{\alpha} = 0,1105$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,1936$
7	Ni; $\lambda K_{\alpha} = 0,1657$	Ge; $\lambda K_{\alpha} = 0,1254$	Sr; $\lambda K_{\alpha} = 0,0875$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,1435$
8	Ni; $\lambda L_{\alpha} = 1,4559$	Ge; $\lambda L_{\alpha} = 1,0436$	Sr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6862$	X; $\lambda L_{\alpha} = 1,2255$
9	Se; $\lambda L_{\alpha} = 1,1105$	Zr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6069$	Rh; $\lambda L_{\alpha} = 0,4597$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,6069$
10	Se; $\lambda L_{\alpha} = 0,8890$	Zr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6069$	Rh; $\lambda L_{\alpha} = 0,4597$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,5406$
11	Sr; $\lambda K_{\alpha} = 0,08752$	Rh; $\lambda K_{\alpha} = 0,06133$	In; $\lambda K_{\alpha} = 0,05121$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,0786$
12	Sr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6862$	Rh; $\lambda L_{\alpha} = 0,4597$	In; $\lambda L_{\alpha} = 0,3771$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,6069$
13	Fe; $\lambda L_{\alpha} = 1,7616$	Zn; $\lambda L_{\alpha} = 1,2255$	Se; $\lambda L_{\alpha} = 0,8890$	X; $\lambda L_{\alpha} = 1,0436$
14	Zn; $\lambda L_{\alpha} = 1,2255$	Se; $\lambda L_{\alpha} = 0,8890$	Zr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6069$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,6862$
15	Ge; $\lambda K_{\alpha} = 0,1254$	Sr; $\lambda K_{\alpha} = 0,08752$	Mo; $\lambda K_{\alpha} = 0,07093$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,1105$
16	Ge; $\lambda L_{\alpha} = 1,0436$	Sr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6862$	Mo; $\lambda L_{\alpha} = 0,5406$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,8890$
17	Sr; $\lambda K_{\alpha} = 0,08752$	Mo; $\lambda K_{\alpha} = 0,0709$	Ag; $\lambda K_{\alpha} = 0,05594$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,06133$
18	Sr; $\lambda L_{\alpha} = 0,6862$	Mo; $\lambda L_{\alpha} = 0,5406$	Ag; $\lambda L_{\alpha} = 0,4154$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,5479$
19	Mo; $\lambda K_{\alpha} = 0,0709$	Ag; $\lambda K_{\alpha} = 0,05594$	Sb; $\lambda K_{\alpha} = 0,04703$	X; $\lambda K_{\alpha} = 0,05121$
20	Mo; $\lambda L_{\alpha} = 0,5406$	Ag; $\lambda L_{\alpha} = 0,4154$	Sb; $\lambda L_{\alpha} = 0,3439$	X; $\lambda L_{\alpha} = 0,3771$

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
21	<i>Rh</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,06133$	<i>In</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,05121$	<i>Cs</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,04003$	<i>X</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,04703$
22	<i>Rh</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,4597$	<i>In</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,3771$	<i>Cs</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,2892$	<i>X</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,4154$
23	<i>Ta</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,02155$	<i>Pt</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01855$	<i>Bi</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01608$	<i>X</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01967$
24	<i>Ta</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,15219$	<i>Pt</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,1313$	<i>Bi</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,11438$	<i>X</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,12074$
25	<i>Os</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01967$	<i>Tl</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01701$	<i>U</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01260$	<i>X</i> ; $\lambda K_{\alpha} = 0,01608$
26	<i>Ta</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,1522$	<i>Tl</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,12074$	<i>U</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,09106$	<i>X</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,11438$
27	<i>Ni</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 1,4559$	<i>Se</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,8890$	<i>Mo</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 0,5406$	<i>X</i> ; $\lambda L_{\alpha} = 1,0436$

Приклад розв'язання:

Завдання: Значення довжини хвиль (2 нм) основних ліній характеристичного рентгенівського спектра для відомих елементів (А, В, С) наведені в таблиці.

- a) за трьома точками(А, В, С) побудуйте графік залежності $\sqrt{\frac{1}{\lambda}}$ від попереднього номера елемента;
- b) знаючи довжину хвилі характеристичного рентгенівського спектра для елемента X (таблиці 2.1) визначте з побудованого графіка порядковий номер цього елемента та назвіть його.
- a) Підраховуємо корені квадратні від оберненого значення довжини хвилі характеристичного рентгенівського випромінювання для відомих елементів.

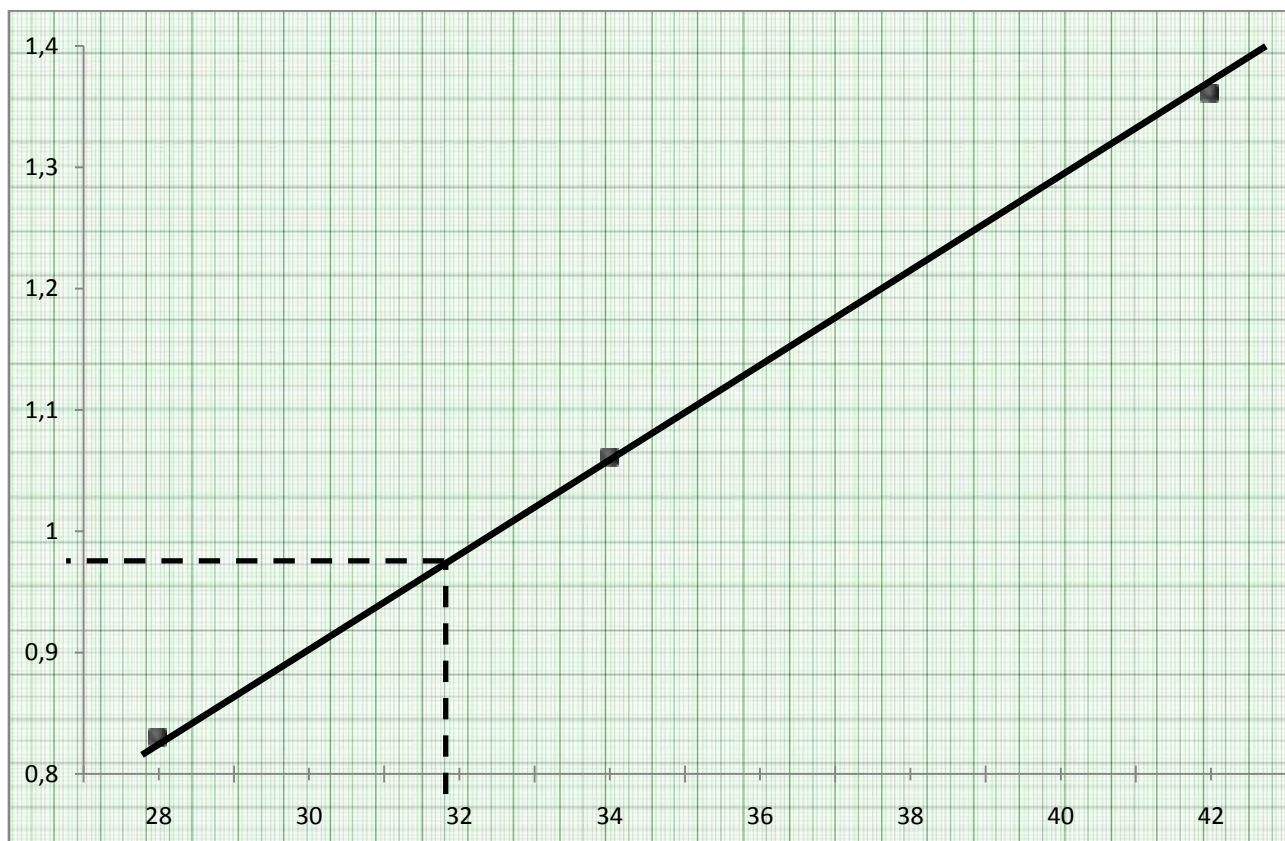
$$\sqrt{\frac{1}{\lambda(\text{Ni}_{L\alpha})}} = \sqrt{\frac{1}{1,4559 \text{ нм}}} = 0,8288 \text{ нм}^{-1/2};$$

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda(\text{Se}_{L\alpha})}} = \sqrt{\frac{1}{0,8890 \text{ нм}}} = 1,0606 \text{ нм}^{-1/2};$$

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda(\text{Mo}_{L\alpha})}} = \sqrt{\frac{1}{0,5406 \text{ нм}}} = 1,3601 \text{ нм}^{-1/2}.$$

Будуємо графік залежності $\sqrt{\frac{1}{\lambda}}$ від порядкового номеру елемента, для чого необхідні дані зводимо в таблицю:

Z елементу	$\sqrt{1/\lambda}, \text{нм}^{-1/2}$
28	0,8288
34	1,0606
42	1,3601



Обраховуємо значення $\sqrt{1/\lambda}$ для невідомого елементу

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda(X)}} = \sqrt{\frac{1}{1,0436 \text{ нм}}} = 0,9789 \text{ нм}^{-1/2}.$$

Відкладаючи на графіку значення $\sqrt{1/\lambda}$ невідомого елементу, знаходимо порядковий номер невідомого елементу. Z невідомого елементу = 32. Назва елемента - германій (Ge).

2.2. Виконайте такі завдання (табл. 2.2):

- а) наведіть набір чотирьох квантових чисел для кожного з електронів (у вигляді таблиці), схеми розміщення електронів на підрівні, а також зобразіть форми орбіталей для енергетичних підрівнів;
 б) визначте підрівні, яким відповідає вказана сума головного і орбітального квантових чисел і вкажіть послідовність їх забудови електронами у багатоелектронних атомах. Графічно зобразіть форми орбіталей цих підрівнів;
 в) визначте, які підрівні та у якій послідовності і чому саме так розміщуються між названими вище підрівнями. Графічно зобразіть форми орбіталей з найвищим значенням $n+l$.

Таблиця 2.2

Варіант	Завдання	Варіант	Завдання	Варіант	Завдання
1	а) $2p^2$	10	а) $4d^2$	19	в) $3s$ і $5p$
2	а) $3p^3$	11	а) $4p^2$	20	в) $4s$ і $6s$
3	а) $4p^4$	12	а) $2p^3$	21	в) $2p$ і $5p$
4	а) $3d^3$	13	б) 4	22	в) $3s$ і $6s$
5	а) $4d^4$	14	б) 5	23	в) $2p$ і $6s$
6	а) $5d^5$	15	б) 6	24	в) $3d$ і $5p$
7	а) $3d^6$	16	б) 7	25	в) $3d$ і $6s$
8	а) $4d^7$	17	в) $3d$ і $6s$	26	в) $2s$ і $6s$
9	а) $5d^8$	18	в) $3p$ і $5s$	27	в) $3d$ і $5p$

Приклад розв'язання:

Завдання: Визначте, які підрівні та у якій послідовності і чому саме так розміщуються між названими нижче підрівнями. Графічно зобразіть форми орбіталей з найвищим значенням $n+l$.

Підрівні: $5p$ та $8s$.

Згідно першого правила Клечковського, підрівні в багатоелектронному атомі заповнюються в порядку зростання суми $n+l$. Тому визначимо значення n , l та $n+l$ для вказаних підрівнів.

	n	l	$n+l$
$5p$	5	1	6
$8s$	8	0	8

Отже, заповнюються підрівні з сумою $n+l=6,7,8$

Визначаємо, які підрівні відповідають $\sum(n+l) = 6,7,8$ та порядок їхнього заповнення згідно першого та другого правила Клечковського, враховуючи те, що для кожного підрівня $n > l$:

n	l	Підрівень
4	2	$4d$
5	1	$5p$
6	0	$6s$


n	l	Підрівень
4	3	$4f$
5	2	$5d$
6	1	$6p$

n	l	Підрівень
5	3	$5f$
6	2	$6d$
7	1	$7p$

Підрівні з однаковою сумою $n+l$ заповнюються в порядку зростання n

7	0	7s	8	0	8s
---	---	----	---	---	----

Отже, підрівні від 5p до 8s заповнюються в такому порядку:

	5p	6s	4f	5d	6p	7s	5f	6d	7p	8s
n+1	5+1	6+0	4+3	5+2	6+1	7+0	5+3	6+2	7+1	8+0
	}		}				}			
$\Sigma n+1$	6		7				8			
										
порядок заповнення										

2.3. Наведіть електронні конфігурації атомів елементів з номерами, вказаними в табл. 2.3, побудуйте схеми розміщення електронів на орбіталях трьох останніх рівнів. Вкажіть та обґрунтуйте положення цих елементів у періодичній системі.

Таблиця 2.3

Варіант	Завдання	Варіант	Завдання	Варіант	Завдання
1	2	3	4	5	6
1	29 і 59	10	34 і 77	19	30 і 61
2	19 і 58	11	35 і 39	20	40 і 62
3	26 і 60	12	32 і 26	21	42 і 71
4	36 і 57	13	7 і 50	22	21 і 63
5	17 і 61	14	8 і 27	23	29 і 64
6	16 і 62	15	16 і 28	24	44 і 64
7	15 і 31	16	25 і 33	25	34 і 66
8	14 і 43	17	34 і 45	26	32 і 68
9	33 і 44	18	24 і 54	27	25 і 69

Приклад розв'язання:

Завдання: Наведіть електронні конфігурації атомів елементів з номерами, вказаними в таблиці 2.3 побудуйте схеми розміщення електронів на орбіталях трьох останніх рівнів. Вкажіть та обґрунтуйте положення цих елементів у періодичній системі.

Елементи – Mn (порядковий номер 25).

Mn	1s ²	2s ²	2p ⁶	3s ²	3p ⁶	3d ⁵	4s ²	-Валентні підрівні (вказується на основі пояснення).
n+1	1+0	2+0	2+1	3+0	3+1	3+2	4+0	
$\Sigma n+1$	1	2	3	3	4	5	4	
n = 4	$\uparrow\downarrow$							
n = 3	$\uparrow\downarrow$		$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$					
n = 2	$\uparrow\downarrow$		$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$		$\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$			

	$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$
	s - підрівні	p - підрівні	d - підрівні

Визначаємо електронне сімейство (родину) та підгрупу, в якій знаходиться елемент.

Оскільки (за значеннями n , l та $\sum(n+1)$) останнім заповнюється d-підрівень, цей елемент належить до родини d-елементів, і, отже, до елементів побічної підгрупи.

Визначаємо валентні підрівні та номер періоду.

Оскільки цей елемент належить до побічної підгрупи (d-елемент), його валентні підрівні можна знайти, знаючи, що вони розташовані на зовнішньому (s-підрівень) і перед зовнішньому (d-підрівень) енергетичних рівнях: $(n-1)d ns$, де n – максимальне значення головного квантового числа для електронів атома (або загальна кількість енергетичних рівнів в атомі). Оскільки $n_{\max} = 4$, то валентні підрівні – 3d та 4s.

Максимальне значення головного квантового числа для електронів в атомі відповідає кількості енергетичних рівнів в атомі та номеру періода, в якому знаходиться елемент. Тому можна зробити висновок, що вказаний елемент знаходиться у четвертому періоді. $n_{\max} = N_{\text{енерг. рівнів}} = N_{\text{пер.}}$

Якщо кількість електронів на валентних підрівнях є більшою за два та меншою за 8 ($N = 3 \div 7$), то номер групи співпадає з кількістю валентних електронів. Тому можна зробити висновок, що елемент манган знаходиться у 7-ій групі.

$$(n-1)d^b ns^a; \quad a+b = N_{\text{гр}} = 7.$$

2.4. Користуючись довідковими даними (див. додаток Д2), побудуйте і поясніть графік залежності величини A (табл. 2.4) від атомного номера ряду елементів, вказаних у таблиці. Чи спостерігається періодичність зміни властивості A ?

Таблиця 2.4

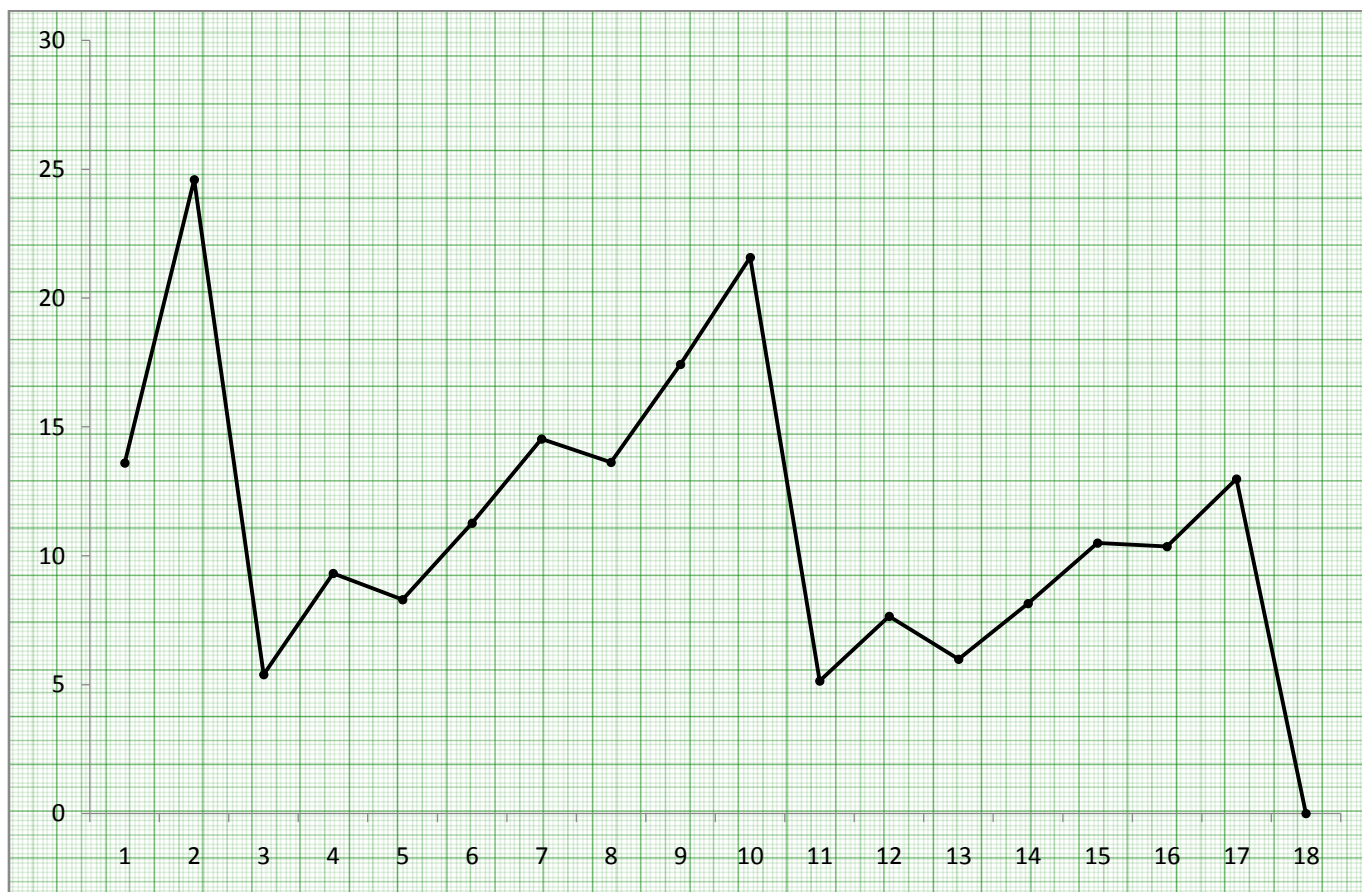
Варі-ант	A	Елементи	Варі-ант	A	Елементи
1	2	3	4	5	6
1	Атомні радіуси	II періоду	15	Атомні радіуси	III період
2	Атомні радіуси	Головної підгрупи IV групи	16	Атомні радіуси	Головної підгрупи V періоду
3	Атомні радіуси	Головної підгрупи VI періоду	17	Атомні радіуси	s- елементи I групи
4	Атомні радіуси	s-елементи II групи	19	Атомні радіуси	p- елементи VII групи
5	Атомні радіуси	p-елементи VI групи	20	Атомні радіуси	d-елементи III і IV груп (порівняти)

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
6	Атомні радіуси	p-елементи VIII групи	21	Атомні радіуси	d-елементи III і VI груп (порівняти)
7	Атомні радіуси	d-елементи III і V груп (порівняти)	22	Атомні радіуси	f-елементи VI періоду
8	Атомні радіуси	d-елементи III і VII груп (порівняти)	23	Перша енергія іонізації	Від № 1 до № 18 Як та чому змінюється ця величина у p-елементів VIII групи?
9	Атомні радіуси	Від №3 до №18	24	Електронегативність	№ 3 -7; № 11- 17. Поясніть характер зміни в періодах від лужного металу до галогену
10	Спорідненість до електрона	Від № 1 до №18. Поясніть причини різкого зростання під час переходу від He до Li; від N до O; від Ne до Na	25	Перша енергія іонізації	Від №1 до №18. Як та чому змінюється ця величина у s - елементів I групи?
11	Електро - негативність	№3-7; №11-17. Поясніть характер зміни в підгрупах від O до Te; від F до I.	26	Спорідненість до електрона	Від №1 до №18. Поясніть, чому в кожному періоді ця величина найбільша у p-елементів VII групи.
12	Спорідненість до електрона	Від № 1 до № 18. Поясніть причини різкого зменшення під час переходу від H до He; від Li до Be; від C до N	27	Перша енергія іонізації	Від № 1 до № 18. Чому ця величина у атомів B менша, ніж у Be?
13	Електро- негативність	№3-7; №11-17. Поясніть характер зміни в головних підгрупах	28	Перша енергія іонізації	Від № 1 до № 18. Чому ця величина у атомів N більша, ніж у O?
14	Перша енергія іонізації	Від № 1 до № 18. Чому ця величина у атомів Al менша, ніж у Mg?			

Приклад розв'язання:

Завдання: Користуючись довідковими даними, побудуйте та поясніть графік залежності величини першої енергії іонізації від атомного номера ряду елементів від №1 до №18. Чи спостерігається періодичність зміни першої енергії іонізації? Чому ця величина у атомів N більша ніж у атомів O?



Періодичність зміни величини першої енергії іонізації спостерігається через подібність електронної будови зовнішнього енергетичного підрівня (рівня).

У атомів N величина I більша, ніж у атомів O через руйнування (для N) та утворення (для O) дуже стійкої напівзаповненої $2p^3$ конфігурації зовнішнього підрівня під час першої іонізації.

Тема 3

ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

3.1. Метод валентних зв'язків (МВЗ)

1. Наведіть схеми перекривання атомних орбіталей під час утворення вказаних молекул або іонів. Відповідь дайте за наведеним планом:

- а) наведіть конфігурацію та схеми валентних підрівнів атомів;
- б) визначте, які електрони та орбіталі беруть участь в утворенні σ - та π -зв'язків;
- в) визначте тип гібридизації (якщо вона є) під час утворення σ -зв'язків;
- г) наведіть схему перекривання атомних орбіталей;
- д) зробіть висновок про просторову будову молекул та іонів і поясніть утворення валентних кутів.

2. Виходячи із значень електронегативностей елементів та просторової будови молекул, зробіть висновки про полярність зв'язків та полярність наведених у табл.3.1 молекул.

Таблиця 3.1

Варіант	Молекули, іони		
	2	3	4
1	H ₂ O	H ₂ S	H ₂ Se
2	NH ₃	PH ₃	AsH ₃
3	CO	CO ₂	CO ₃ ²⁻
4	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂
5	H ₂ S	N ₂	NH ₃
6	HF	BF ₃	OF ₂ (103°)
7	H ₂ O	CO ₂	CH ₂ Cl ₂
8	HF	BF ₃	NF ₃ (102°)
9	BeCl ₂	GeH ₄	TeF ₆
10	BCl ₃	CCl ₄	BeCl ₂
11	C ₂ H ₂	SiF ₄	C ₆ H ₆
12	NH ₄ ⁺	C ₂ H ₄	BeI ₂
13	PCl ₅	H ₂ S	BF ₃
14	CO ₃ ²⁻	C ₂ H ₆	C ₆ H ₆
15	NF ₃ (103°)	NH ₄ ⁺	N ₂
16	H ₂ O	CS ₂	H ₂ S
17	SF ₆	CF ₄	HF
18	CH ₄	BeCl ₂	HCOOH
19	C ₂ H ₄	BF ₃	SiF ₄
20	HCl	H ₂ Se	GeH ₄
21	SF ₆	NF ₃ (103°)	CF ₄
22	H ₂ O	C ₂ H ₂	BeCl ₂
23	C ₆ H ₆	CS ₂	NH ₃
24	CO ₂	C ₆ H ₆	CH ₄
25	TeF ₆	PCl ₃ (101°)	BCl ₃
26	NF ₃ (103°)	CF ₄	HF
27	PH ₃	BF ₃	NH ₃

Приклади розв'язку завдань див. [1]; с.136 -162.

3.2. Метод молекулярних орбіталей

Побудуйте енергетичні діаграми і наведіть електронні конфігурації вказаних у табл. 3.2 двохатомних молекул (або молекулярних іонів) та відповідних молекулярних іонів (або молекул), утворених 1) приєднанням; 2) відщепленням від них одного електрона. Зробіть висновок про кратність зв'язку, можливість їх існування, магнітні властивості.

Таблиця 3.2

Варіант	Молекула (іон)	Варіант	Молекула (іон)	Варіант	Молекула (іон)
1	H ₂	10	He ₂	19	Li ₂
2	Li ₂	11	Be ₂	20	B ₂
3	C ₂	12	N ₂	21	O ₂
4	F ₂	13	Ne ₂	22	NO
5	CO	14	OF	23	O ₂ ⁺
6	O ₂ ⁻	15	He ₂ ⁺	24	Ne ₂ ⁺
7	N ₂ ⁺	16	N ₂ ⁻	25	F ₂ ⁺
8	CO ⁺	17	CO ⁻	26	NO ⁺
9	NO ⁺	18	NO ⁻	27	OF ⁺

Приклади розв'язку завдань див. [1]; с.172 -178.

Тема 4

КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ.

4.1. Для кожної з двох названих сполук (табл.4.1) вкажіть:

- хімічну формулу;
- комплексоутворювач, його заряд та координаційне число;
- ліганд, його заряд, дентатність;
- склад внутрішньої сфери і її заряд;
- поясніть утворення хімічних зв'язків з точки зору методу валентних зв'язків (ВЗ) та теорії кристалічного поля лігандів;
- наведіть схематичне графічне зображення будови внутрішньої сфери;
- розрахуйте спіновий магнітний момент сполуки (в Магнетонах Бора), виходячи з кількості неспарених електронів n іона-комплексоутворювача: $\mu = \sqrt{n(n + 2)}$;
- поясніть причину наявності або відсутності забарвлення сполуки.

Таблиця 4.1

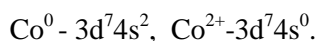
Варіант	Сполука
1	Тетрабромocupрат (II) калію; хлорид гексамінкобальту (III)
2	Сульфат тетраамінцинку; нітрат тріс-етилендіамінкобальту (III)
3	Тетрабромомеркурат (II) натрію; сульфат гексаамінкобальту (III)
4	Хлорид тетраамінцинку; гексаціанохромат (III) калію
5	Тетрагідроксоцинкат калію; сульфат тріс-етилендіамінхрому (III)
6	Тетраціанокадміат натрію; гексаціаноферат(III) калію
7	Тетрахлорованадат (III) калію; гексаціаноманганат (III) калію
8	Нітрат тетраамінцинку; гексанітрокобальтат (III) калію
9	Хлорид тетраамінгідраргіруму (II); гексафторокобальтат (III) калію
10	Тетрайодомеркурат (II) калію; гексаціаноферрат (II) калію
11	Тетрахлорокупрат (II) натрію; гексаціанокобальтат (III) калію
12	Тетратіоціанокобальтат (II) калію; гексахлороіридат (III) натрію
13	Тетраціаноцинкат натрію; сульфат гексаамінкобальту (III)
14	Тетрабромонікелат (II) калію; хлорид гексааміннікелю (II)
15	Тетрагідроксоцинкат калію; нітрат гексаамінхрому (III)
16	Бромід тетраамінцинку; гексатіоціанохромат (III) калію
17	Тетрайодокадміат калію; сульфат гексаакванікелю (II)
18	Тетрахлорокобальтат (II) натрію; хлорид гексаамінферуму (II)
19	Тетратіоціаномеркурат (II) натрію; хлорид трисетилендіаміннікелю (II)
20	Нітрат тетрааквацинку, гексагідроксохромат (III) калію
21	Тетраціаномеркурат (II) калію; хлорид гексаамінхрому (III)
22	Бромід тетраамінгідраргіруму (II); гексаціаноферат (III) калію
23	Тетрахлорокупрат (II) калію; хлорид трисетилендіамінкобальту (III)
24	Хлорид тетраамінцинку; гексанітрокобальтат (III) калію
25	Тетрабромкобальтат (II) калію; хлорид триетилендіамінхрому (III)
26	Тетрайодомеркурат (II) натрію; гексаціаноферат (II) калію
27	Тетрахлороферат (III) калію; хлорид гексаамінкобальту (III)

Приклади розв'язання:

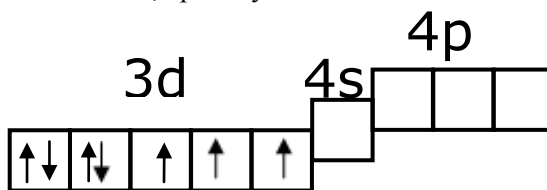
Завдання: Для тетрахлорокобальтату(II) калію та хлориду гексамінкобальту(III) вкажіть:

- хімічну формулу;
- комплексоутворювач, його заряд та координаційне число;
- ліганд, його заряд, дентатність;
- склад внутрішньої сфери і її заряд;
- поясніть утворення хімічних зв'язків з точки зору методу ВЗ та теорії кристалічного поля лігандів;
- наведіть схематичне графічне зображення будови внутрішньої сфери;
- розрахуйте спіновий магнітний момент сполуки (в Магнетонах Бора), виходячи з кількості неспарених електронів n іона-комплексоутворювача: $\mu = \sqrt{n(n+2)}$;
- поясніть причину наявності або відсутності забарвлення сполуки.

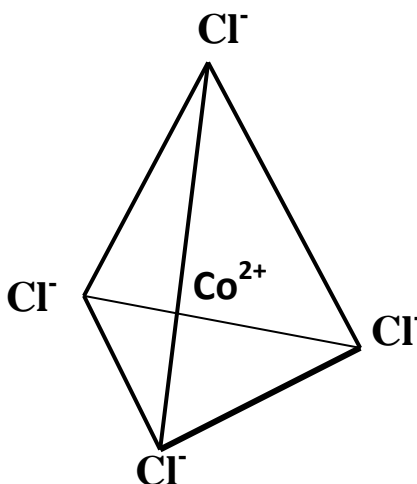
Хімічна формула тетрахлорокобальтату(II) калію: $K_2[CoCl_4]$. Комплексоутворювач Co^{2+} , координаційне число - 4, ліганд Cl^- , монодентатний. Внутрішня сфера $[CoCl_4]^{2-}$. Валентні підрівні:



За методом ВЗ, враховуючи слабке поле лігандів :



Тип гібридизації орбіталей комплексоутворювача sp^3 , тому геометрична форма внутрішньої сфери - тетраedr:



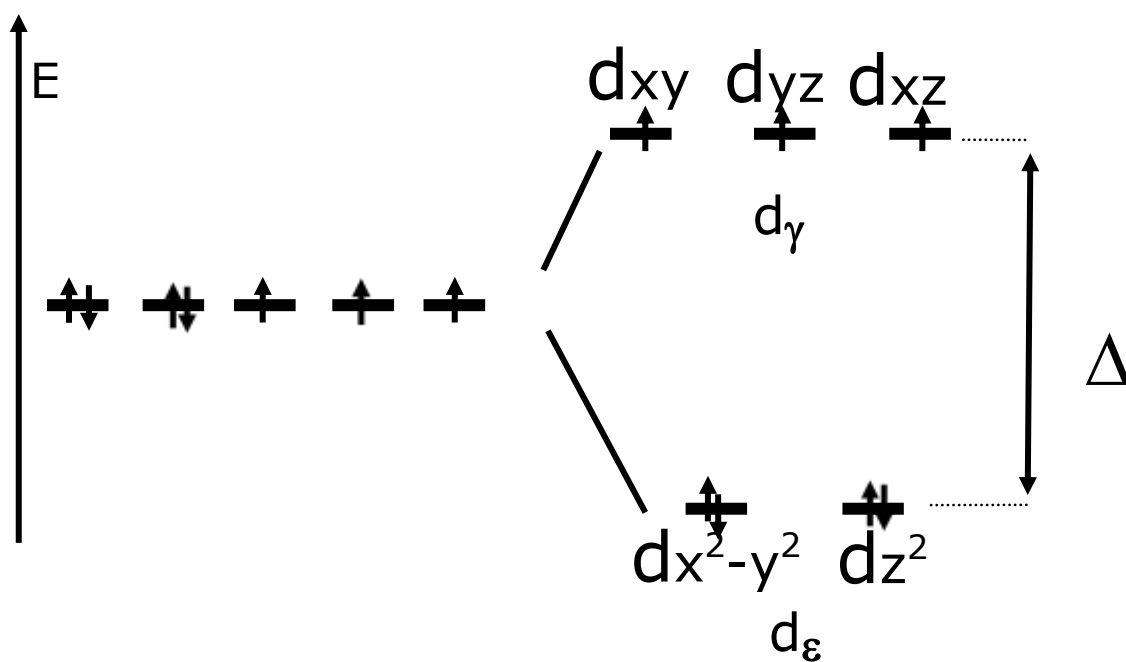
Спіновий магнітний момент (в Магнетонах Бора):

$$\mu = \sqrt{n(n+2)} = \sqrt{3(3+2)} = 3,8(\text{МБ}) \quad (n - \text{неспарених електронів})$$

парамагнітна (має неспарені електрони).

Сполука

Згідно теорії кристалічного поля:



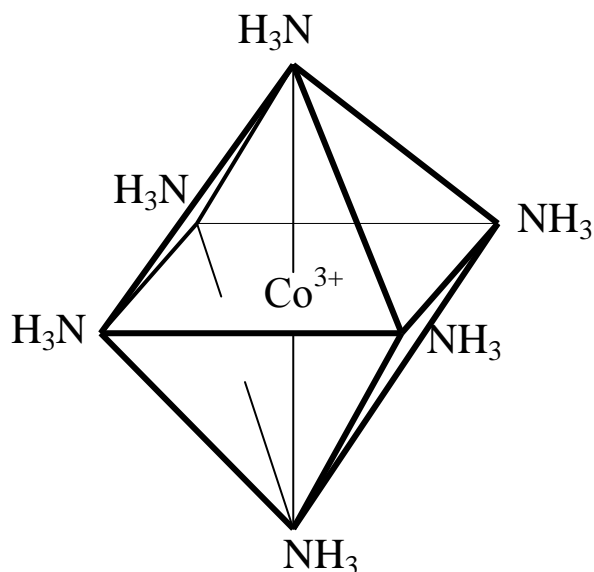
Енергія стабілізації кристалічним полем:

$$\text{ЕСКП} = 4 \cdot \frac{3}{5} \Delta - 3 \cdot \frac{6}{5} \Delta = \frac{6}{5} \Delta.$$

Сполука має забарвлення, бо можливі d-d переходи.

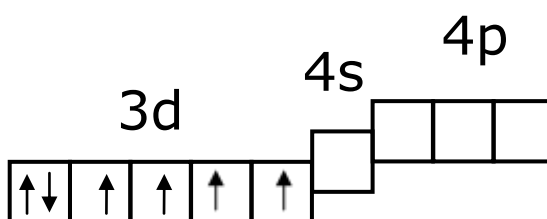
Хімічна формула хлориду гексаамінокобальту (III): $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$. Комплексоутворювач Co^{3+} , координаційне число-6, ліганд NH_3 , монодентатний. Внутрішня сфера $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

Схематичне графічне зображення будови внутрішньої сфери:

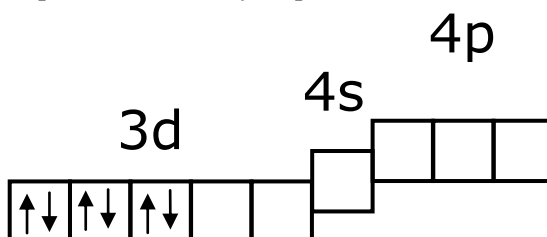


Розглянемо утворення хімічних зв'язків в $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ за методом валентних зв'язків.

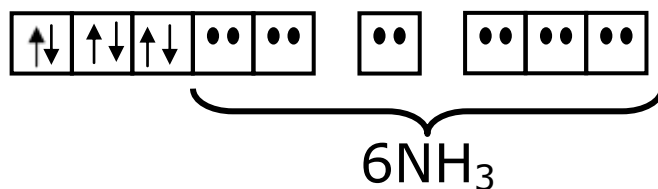
Валентні підрівні: $\text{Co}^0 - 3d^7 4s^2$, $\text{Co}^{3+} - 3d^6 4s^0$



NH_3 є лігандом сильного поля, тому під впливом сильного поля ліганду в комплексі відбувається спарювання електронів на d-підрівні комплексоутворювача:

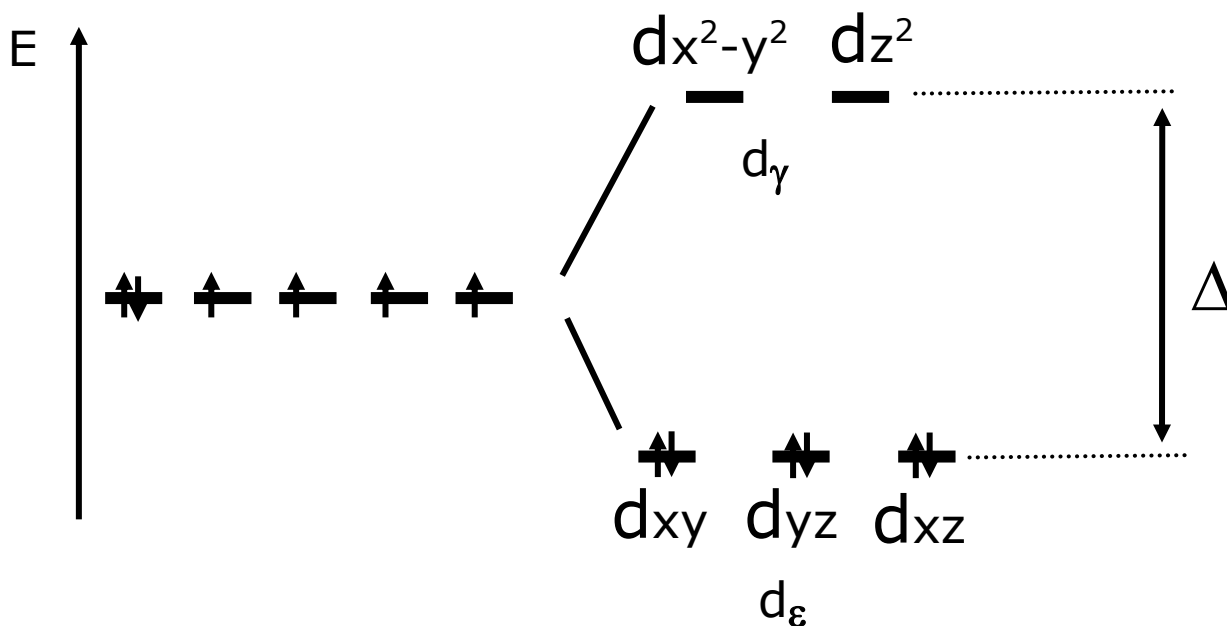


d^2sp^3 – гібридизація (внутрішня)



Спіновий магнітний момент (в Магнетонах Бора): $\mu = \sqrt{n(n + 2)} = \sqrt{0(+2)} = 0(\text{МБ})$ (n- кількість неспарених електронів). Сполука діамагнітна (немає неспарених електронів).

Згідно теорії кристалічного поля:



Енергія стабілізації кристалічним полем:

$$\text{ЕСКП} = 6 \cdot \frac{2}{5} \Delta = \frac{12}{5} \Delta.$$

Сполука має забарвлення, бо можливі d-d переходи.

Тема 5

ЕНЕРГЕТИКА ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

5.1. Для реакцій, наведених у табл. 5.1, розрахуйте:

- 1) тепловий ефект за стандартних умов;
 - 2) зміну ентропії реакції за стандартних умов;
 - 3) зміну енергії Гіббса за стандартних умов;
 - 4) зміну енергії Гіббса за температури T (температурною залежністю ентальпії та ентропії знехтувати);
 - 5) зробіть висновок щодо напрямку перебігу реакції за стандартних умов та за температури T .
- Потрібні дані наведено у додатку (табл. Д3).

Таблиця 5.1

Варіант	Реакція	T, К
1	$\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{CO}(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$	500
2	$4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Cl}_2(\text{г})$	600
3	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{тв}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$	500
4	$2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow 4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г})$	1000
5	$4\text{NO}(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow 4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г})$	800
6	$2\text{NO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$	500
7	$\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{тв}) \rightarrow \text{MgO}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	400
8	$\text{CaCO}_3(\text{тв}) \rightarrow \text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$	800
9	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$	400
10	$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г})$	400
11	$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{г}) + 2\text{CO}(\text{г})$	400
12	$2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{г})$	600
13	$\text{SO}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г})$	400
14	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{тв}) \rightarrow \text{CaO}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	400
15	$\text{CO}(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	900
16	$4\text{CO}(\text{г}) + 2\text{SO}_2(\text{г}) \rightarrow \text{S}_2(\text{г}) + 4\text{CO}_2(\text{г})$	700
17	$\text{CO}(\text{г}) + \text{SnO}_2(\text{тв}) \rightarrow \text{Sn}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$	400
18	$\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	800
19	$\text{CO}_2(\text{г}) + 4\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$	800
20	$2\text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$	1000
21	$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г})$	600
22	$\text{SiO}_2(\text{кварц}) + 4\text{HF}(\text{г}) \rightarrow \text{SiF}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$	900
23	$\text{SnO}_2(\text{тв}) \rightarrow \text{SnO}(\text{тв}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{г})$	600
24	$\text{PCl}_5(\text{г}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{р}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4(\text{р}) + 5\text{HCl}(\text{г})$	350
25	$\text{PbO}_2(\text{тв}) \rightarrow \text{PbO}(\text{тв}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{г})$	600
26	$\text{PCl}_5(\text{г}) \rightarrow \text{PCl}_3(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$	500
27	$3\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{т}) + \text{CO}(\text{г}) \rightarrow 2\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{т}) + \text{CO}_2(\text{г})$	1000

Приклад розв'язання:

Завдання: Для реакції $2\text{Mn}_2\text{O}_3 (\text{т}) + \text{O}_2 (\text{г}) \rightarrow 4\text{MnO}_2 (\text{т})$, $T=800\text{К}$ розрахуйте:

- 1) тепловий ефект за стандартних умов;
- 2) зміну ентропії реакції за стандартних умов;
- 3) зміну енергії Гіббса за стандартних умов;
- 4) зміну енергії Гіббса за температури T (температурною залежністю ентальпії та ентропії знехтувати);
- 5) зробіть висновок про напрямок перебігу реакції за стандартних умов та за температури T .

- 1) Розраховуємо тепловий ефект реакції за стаціонарних умов використовуючи стандартні теплоти утворення речовин:

$$\Delta H = 4\Delta H_{\text{утв}}^0(\text{MnO}_2) - 2\Delta H_{\text{утв}}^0(\text{Mn}_2\text{O}_3) - \Delta H_{\text{утв}}^0(\text{O}_2) = 4 \cdot (-522) - 2 \cdot (-958) - 0 = -172 (\text{кДж}).$$

- 2) Зміна ентропії за стандартних умов:

$$\Delta S = 4\Delta S^0(\text{MnO}_2) - 2\Delta S^0(\text{Mn}_2\text{O}_3) - \Delta S^0(\text{O}_2) = 4 \cdot (53) - 2 \cdot (111) - 205 = -215 (\text{Дж/К}).$$

- 3) Зміна енергії Гіббса за стандартних умов:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S = -172 - 298 \cdot (-0.215) = -107.93 (\text{кДж}).$$

- 4) Зміна енергії Гіббса за $T=800\text{К}$:

$$\Delta G = -172 - 800 \cdot (-0.215) = 0.$$

За стандартних умов $\Delta G < 0$, тому мимовільно протікає пряма реакція. За $T=800\text{К}$ $\Delta G = 0$, тому за цієї температури встановлюється рівновага: швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної реакції.

Тема 6

ХІМІЧНА КІНЕТИКА

6.1. Задано швидкості прямої та зворотної реакції за двох температур. Виходячи з цих даних (табл.6.1), розрахуйте температурні коефіцієнти прямої та зворотної реакції. Зробіть висновок про те, енергія активації якої реакції (прямої чи зворотної) є більшою. Який вигляд має енергетична діаграма процесу?

Таблиця 6.1

Варіант	Температура, °С	Швидкість прямої реакції, моль/л·с	Швидкість зворотної реакції, моль/л·с
1	15 та 31	0,22 та 0,48	0,008 та 0,028
2	60 та 92	0,08 та 1,30	5,2 та 72,6
3	0 та 33	$4 \cdot 10^{-5}$ та $5 \cdot 10^{-4}$	0,03 та 0,612
4	10 та 44	$3 \cdot 10^{-3}$ та $5 \cdot 10^{-4}$	0,008 та 0,24
5	18 та 35	0,138 та 0,815	0,218 та 2,90
6	42 та 55	0,815 та 2,94	0,05 та 0,29
7	50 та 74	0,015 та 0,28	0,615 та 8,53
8	-12 та +15	0,02 та 0,415	0,16 та 1,85
9	5 та 52	0,16 та 134	0,044 та 3,50
10	18 та 36	0,33 та 3,98	0,045 та 0,52

6.2. Для необоротної реакції $xA + yB \rightarrow C$, яка має перший порядок за речовиною В, задано швидкості за двох різних концентрацій А і сталої концентрації В ($C(B) = 0,1$ моль/л). Визначте порядок реакції за речовиною А, загальний порядок реакції, складіть кінетичне рівняння, розрахуйте значення константи швидкості, вкажіть її розмірність (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Варіант	Концентрації речовини А, моль/л	Швидкості реакції, моль/л·с
11	0,011 та 0,033	0,013 та 0,039
12	0,08 та 0,32	0,00154 та 0,02464
13	0,283 та 0,7075	0,0818 та 0,2045
14	0,056 та 0,968	0,0216 та 0,0216
15	0,0071 та 0,023	0,815 та 8,5526
16	0,092 та 0,4048	0,513 та 9,932
17	0,086 та 0,5333	0,0433 та 0,2685

6.3. За наведеними значеннями констант швидкості реакції за двох значень температури розрахуйте значення температурного коефіцієнта реакції та величину енергії активації (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Варіант	Значення температури, °C		Значення констант швидкості, с ⁻¹	
	t ₁	t ₂	k ₁	k ₂
18	25	40	1,28·10 ⁻³	7,34·10 ⁻³
19	40	52	3,2·10 ⁻⁴	1,03·10 ⁻³
20	45	63	1,16·10 ⁻⁴	1,38·10 ⁻³
21	0	15	2,15·10 ⁻⁶	9,9·10 ⁻⁶
22	60	73	0,0416	0,158
23	55	80	5,7·10 ⁻⁵	1,19·10 ⁻³
24	10	18	0,062	0,21
25	35	53	7,6·10 ⁻³	0,23
26	81	98	8,15·10 ⁻³	7,7·10 ⁻⁴
27	75	89	9,3·10 ⁻⁴	8,2·10 ⁻³

Приклад розв'язання:

Завдання: Задано швидкості прямої та зворотної реакцій за двох температур. Виходячи з цих даних: за температури 18 та 36°C швидкість прямої реакції становить відповідно 0,33 та 3,98 моль/л·с; швидкість зворотної реакції - 0,045 та 0,52 моль/л·с; розрахуйте температурні коефіцієнти прямої та зворотної реакцій. Зробіть висновок про те, енергія активації якої реакції (прямої чи зворотної) є більшою. Який вигляд має енергетична діаграма процесу?

За законом Вант-Гоффа:

$$\frac{V_{T1}}{V_{T2}} = \gamma^{\frac{\Delta T}{10}}$$

Для прямої реакції знаходимо температурний коефіцієнт:

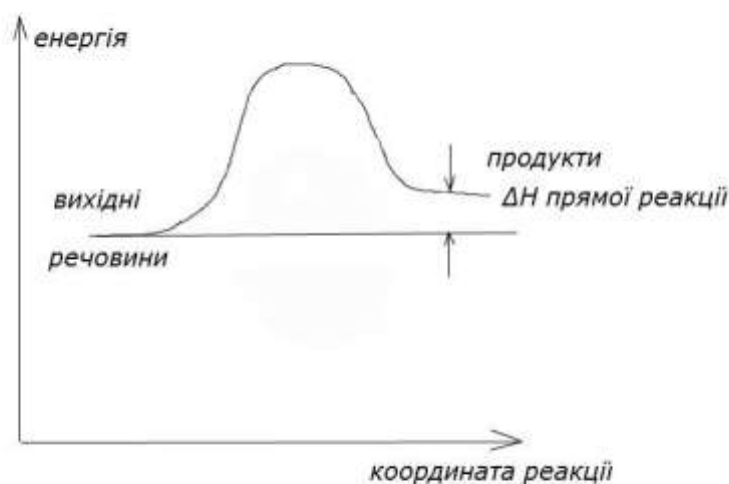
$$\frac{3.98}{0.33} = \gamma_{\text{пр}}^{\frac{36-18}{10}} ; \quad \gamma_{\text{пр}} = 3.98.$$

Для зворотної реакції:

$$\frac{0.52}{0.045} = \gamma_{\text{зв}}^{\frac{36-18}{10}} ; \quad \gamma_{\text{зв}} = 3.88.$$

Оскільки температурний коефіцієнт більший для прямої реакції – вона ендотермічна, а зворотна – екзотермічна.

Енергетична діаграма процесу:



Тема 7

ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ

7.1. Задано масову частку вказаної у табл. 7.1 речовини у водному розчині та густину розчину. Виразіть концентрацію цієї речовини іншими способами (молярна частка, моляльна концентрація, молярна концентрація), розрахуйте температуру кипіння, температуру кристалізації та осмотичний тиск розчину.

Таблиця 7.1

Варіант	Розчин	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
1	2	3	4
1	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	5	1,011
2	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	10	1,021
3	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	10	1,022
4	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	5	1,012
5	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	10	1,037
6	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	5	1,016
7	Карбамід CO(NH ₂) ₂	10	1,022

7.2. Задано молярну частку вказаної у табл.7.2 речовини у водному розчині та густину розчину. Виразіть концентрацію цієї речовини іншими способами (масова частка, моляльна концентрація,

молярна концентрація), розрахуйте температуру кипіння, температуру кристалізації та осмотичний тиск розчину.

Таблиця 7.2

Варіант	Розчин	Молярна частка, %	Густина розчину, г/см ³
8	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,3	1,014
9	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,7	1,043
10	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	0,5	1,006
11	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	1,5	1,022
12	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	0,6	1,015
13	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	1,1	1,038
14	Карбамід CO(NH ₂) ₂	3	1,031

7.3. Задано **молярну концентрацію** вказаної у табл.7.3 речовини у водному розчині та густину розчину. Виразіть концентрацію цієї речовини іншими способами (масова частка, молярна частка, молярна концентрація), розрахуйте температуру кипіння, температуру кристалізації та осмотичний тиск розчину.

Таблиця 7.3

Варіант	Розчин	Молярна концентрація, моль/л	Густина розчину, г/см ³
15	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,2	1,015
16	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,5	1,041
17	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	0,8	1,015
18	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	1,2	1,025
19	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	0,7	1,046
20	Карбамід CO(NH ₂) ₂	0,4	1,014
21	Карбамід CO(NH ₂) ₂	1,1	1,026

7.4. Задано **молярну концентрацію** вказаної у табл.7.4 речовини у водному розчині та густину розчину. Виразіть концентрацію цієї речовини іншими способами (масова частка, молярна частка, молярна концентрація), розрахуйте температуру кипіння, температуру кристалізації та осмотичний тиск розчину.

Таблиця 7.4

Варіант	Розчин	Молярна концентрація, моль/кг	Густина розчину, г/см ³
22	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,3	1,035
23	Цукор C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,4	1,047
24	Гліцерин C ₃ H ₈ O ₃	0,6	1,013
25	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	0,4	1,022
26	Глюкоза C ₆ H ₁₂ O ₆	0,8	1,044
27	Карбамід CO(NH ₂) ₂	0,5	1,011

Приклад розв'язання:

Завдання: Задано молярну концентрацію карбаміду $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ у водному розчині 0,9 моль/кг та густину розчину $1,028 \text{ г/см}^3$. Виразіть концентрацію цієї речовини іншими способами (масова частка, молярна частка, молярна концентрація), розрахуйте температуру кипіння, температуру кристалізації та осмотичний тиск розчину.

За умовою $b(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = 0,9 \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$, це означає, що на 1 кг води припадає 0,9 моль ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) або :

$$m(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = \nu(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)M(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = 0,9 * 60 = 54\text{г}.$$

Масова частка складає:

$$W(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = \frac{m(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)}{m_{\text{р-ну}}} = \frac{54}{54 + 100} * 100\% = 5.12\%.$$

Молярна концентрація:

$$V_{\text{р-ну}} = \frac{1054\text{г}}{\frac{1.028\text{г}}{\text{мл}}} = 1025\text{мл} = 1.025\text{л}.$$

$$C(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = \frac{\nu(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)}{V_{\text{р-ну}}} = \frac{0,9}{1.025} = 0,88 \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

Молярна частка:

$$N(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) = \frac{\nu(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)}{\nu(\text{CO}(\text{NH}_2)_2) + \nu(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,9}{0,9 + \frac{1000}{18}} = 0,016.$$

Температура кипіння розчину:

$$t_{\text{кип}}^{\circ} = 100^{\circ}\text{C} + \Delta t_{\text{кип}};$$

$$t_{\text{кип}}^{\circ} = E_{\text{H}_2\text{O}} * b(x) = 0,52 * 0,9 = 0,468^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{кип}}^{\circ} = 100 + 0,468 = 100,468^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{кр}}^{\circ} = 0^{\circ}\text{C} - \Delta t_{\text{кр}};$$

$$\Delta t_{\text{кр}}^{\circ} = K_{\text{H}_2\text{O}} * b(x) = 1,86 * 0,9 = 1,67;$$

$$t_{\text{кр}}^{\circ} = 0 - 1,67 = -1,67^{\circ}\text{C};$$

$$P_{\text{осм(за станд.умов)}} = CRT = 0,88 * 10^3 * 8,314 * 298 = 2180263 \text{ Па} = 2180,263 \text{ кПа}.$$

Тема 8

ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

8.1. За наведеними у табл.8.1 даними розрахуйте уявний ступінь дисоціації (коефіцієнт активності) речовин у водних розчинах.

Таблиця 8.1

Варіант	$t, ^\circ\text{C}$	Розчинена речовина	Розчинник
1	2	3	4
1	$t_{\text{кип}} \text{ р-ну} = 100,8$	$m(\text{KNO}_3) = 9,09 \text{ г}$	$m(\text{H}_2\text{O})=100\text{г}$
2	$t_{\text{кр}} \text{ р-ну} = - 0,13$	$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,53 \text{ г}$	$m(\text{H}_2\text{O})= 200 \text{ г}$
3	$t_{\text{кип}} \text{ р-ну} = 102,65$	$m(\text{NaOH}) = 12 \text{ г}$	$m(\text{H}_2\text{O})= 100 \text{ г}$
4	$t_{\text{кр}} \text{ р-ну} = - 0,32$	$n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,00065 \text{ моль}$	$m(\text{H}_2\text{O})= 100 \text{ г}$
5	$t_{\text{кр}} \text{ р-ну} = - 0,619$	$m(\text{NaOH})= 1 \text{ г}$	$m(\text{H}_2\text{O})= 140 \text{ г}$
6	$t_{\text{кип}} \text{ р-ну} = 100,09$	$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,07 \text{ г}$	$V(\text{H}_2\text{O})= 200 \text{ мл}$

8.2. Розрахуйте ступінь дисоціації вказаних у табл. 8.2 кислот або основ в розчинах, молярну концентрацію іонів гідрогену та рН розчинів за заданих молярних концентрацій цих речовин. Значення констант дисоціації наведено в додатках (Д4, Д6).

Таблиця 8.2

Варіант	Речовина	Молярна концентрація, моль/л
1	2	3
7	CH_3COOH	0,1
8	HOCl	0,003
9	HNO_2	0,01
10	NH_4OH	0,0001
11	HCN	0,5
12	CH_3NH_2	0,004
13	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	0,02
14	HCOOH	0,01

8.3. Поясніть, чи утвориться осад малорозчинної солі при змішуванні однакових об'ємів розчинів солей (**А** та **Б**, табл. 8.3) з відповідними молярними концентраціями. Довідникові дані добутку розчинності (ДР) малорозчинних солей наведено в додатку. Складіть відповідні рівняння реакцій в молекулярній та іонній формах.

Таблиця 8.3

Варіант	Розчин А		Розчин Б	
	Сіль	$C_{\text{солі}}, \text{ моль/л}$	Сіль	$C_{\text{солі}}, \text{ моль/л}$
15	AgNO_3	0,01	NaBr	0,02

Продовження таблиці 8.3

Варіант	Розчин А	Розчин Б	Варіант	Розчин А
	Сіль	$C_{\text{соли}}$, моль/л	Сіль	$C_{\text{соли}}$, моль/л
16	AgNO_3	0,005	NaI	0,005
17	NaF	0,02	BaCl_2	0,01
18	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,001	NaCl	0,001
19	BaCl_2	0,02	Na_2CO_3	0,02
20	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	0,1	Na_2SO_4	0,1

8.4. Визначте, яка мінімальна кількість води (в літрах) потрібна для розчинення 1 г солі (за умови отримання насиченого розчину, $T = 298,15 \text{ K}$) (табл. 8.4). Значення ДР солей наведено в додатку.

Таблиця 8.4

Варіант	Сполука	Варіант	Сполука
21	AgCl	23	Ag_2S
22	PbI_2	24	CaSO_4

8.5. Розрахуйте значення рН вказаного у табл. 8.5 розчину та поясніть, як зміниться рН, якщо розчин розвести в 10 разів (значення констант дисоціації слабких електролітів наведено в додатку).

Таблиця 8.5

Варіант	Розчин	Молярна концентрація, моль/л
25	HCN	0,05
26	HClO	0,002
1	NH_4OH	0,1
2	CH_3COOH	0,01
3	HCN	0,2
4	HNO_2	0,005
5	HBrO	0,001

8.6. Визначте, яку кількість (в грамах та молях) речовини потрібно розчинити в 1 л. води, щоб рН розчину набув вказаного у табл.8.6 значення (константи дисоціації слабких електролітів наведено в додатку). Для слабких багатоосновних кислот врахуйте тільки першу стадію дисоціації.

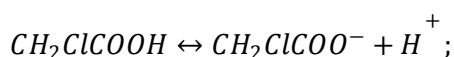
Таблиця 8.6

Варіант	Речовина	pH розчину	Варіант	Речовина	pH розчину
6	CH ₃ COOH	4,6	17	NaOH	11,4
7	KOH	12,3	18	H ₂ SO ₄	3,5
8	HNO ₂	3,7	19	HOCl	5
9	CH ₂ ClCOOH	4,2	20	HCl	2,2
10	HIO ₃	2,5	21	LiOH	12,2
11	HCN	4,8	22	HNO ₃	1,2
12	HCl	3,1	23	H ₂ SO ₃	3,9
13	H ₃ PO ₄	3,3	24	H ₂ CO ₃	4,4
14	H ₂ S	5,4	25	H ₃ PO ₃	2,5
15	H ₂ Se	4,35	26	NH ₄ OH	10,6
16	HBrO	5,8	27	CH ₂ ClCOOH	2,6

Приклад розв'язання:

Завдання: Розрахуйте значення pH розчину CH₂ClCOOH (Молярна концентрація, 0,005 моль/л) та поясніть, як зміниться pH, якщо розчин розбавити у 10 разів.

Для слабкого електроліта:



$$pH = -\lg[H^+], \text{ де } [H^+] = \alpha C_{CH_2ClCOOH}.$$

Ступінь дисоціації розрахуємо за законом розбавлення:

$$K_{\text{дис}}(CH_2ClCOOH) = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} \approx \alpha^2 C;$$

$$\alpha_1 \approx \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C_1}} \approx \sqrt{\frac{1.36 \cdot 10^{-3}}{0.005}} \approx 0.52;$$

$$[H^+] = 0.52 \cdot 0.005 = 0.0026 \frac{\text{моль}}{\text{л}};$$

$$pH_1 = -\lg 0.0026 = 2.58.$$

Після розбавлення у 10 разів в результаті розв'язку рівняння

$$\alpha^2 C = K_{\text{дис}} - K_{\text{дис}} \alpha;$$

$$C = 0.0005 \text{ моль/л, } \alpha = 0.74;$$

$$pH_2 = -\lg 0.74 \cdot 0.0005 = 3.43;$$

Тема 9

ГІДРОЛІЗ

9.1. Для вказаної у табл. 9.1 солі:

- складіть рівняння гідролізу в молекулярній та йонній формах (усі стадії);
- розрахуйте константу гідролізу для першої стадії за температури 298,15 К, використовуючи довідкові дані;
- поясніть вплив розбавлення, підвищення температури, додавання кислоти або лугу на рівновагу гідролізу.

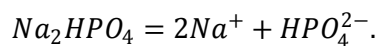
Таблиця 9.1

Варіант	Сполука	Варіант	Сполука	Варіант	Сполука
1	Na ₂ S	10	K ₂ Se	19	NaClO
2	Na ₂ CO ₃	11	Al(NO ₃) ₃	20	CuSO ₄
3	Na ₃ PO ₄	12	Cr ₂ (SO ₄) ₃	21	FeCl ₃
4	KClO	13	CH ₃ COONa	22	FeSO ₄
5	MnCl ₂	14	NiSO ₄	23	Na ₂ SO ₃
6	NH ₄ NO ₃	15	ZnSO ₄	24	KCN
7	KBrO	16	NaNO ₂	25	NaHCO ₃
8	NH ₄ Cl	17	CH ₂ ClCOONa	26	NaIO ₃
9	Al ₂ (SO ₄) ₃	18	Pb(NO ₃) ₂	27	Cr ₂ (SO ₄) ₃

Приклад розв'язання:

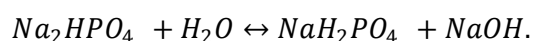
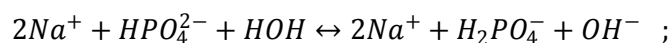
Завдання: Для Na₂HPO₄:

- складіть рівняння гідролізу в молекулярній та йонній формах (усі стадії);
- розрахуйте константу гідролізу для першої стадії за температури 298,15 К, використовуючи довідкові дані;
- поясніть вплив розбавлення, підвищення температури, додавання кислоти або лугу на рівновагу гідролізу.

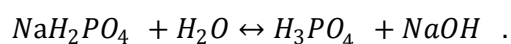
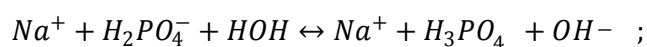


Сіль гідролізує по аніону:

1 стадія



2 стадія



Для першої стадії константа гідролізу:

$$K_r = \frac{[H_2PO_4^-][OH^-]}{[HPO_4^{2-}]} = \frac{K_b}{K_{2\text{-ти}}} = \frac{10^{-14}}{6.17 * 10^{-8}} = 0.16 * 10^{-6}.$$

При розбавленні розчину ступінь гідролізу зростає, бо рівновага зміщується в сторону більшого числа іонів.

При підвищенні температури ступінь гідролізу також зростає, бо зростає дисоціація молекул води.

При додаванні лугу концентрація іонів OH^- зростає і рівновага реакції гідролізу зміщується вліво, ступінь гідролізу зменшується.

Тема 10

ОКИСНО-ВІДНОВНІ ПРОЦЕСИ

10.1. Окисно-відновні потенціали

Для заданої у табл. 10.1 напівреакції, користуючись довідковими даними:

а) розставте коефіцієнти;

б) розрахуйте електродний потенціал окисно-відновної системи у водному розчині для значень рН = 0; 2; 4; 6 (активності окисненої та відновленої форм прийняти рівними одиниці, а активність води прийняти за сталу величину ($a(H_2O)=const$)). Побудуйте графік залежності електродного потенціалу від рН та поясніть, як змінюється окиснювальна здатність системи залежно від рН;

в) за значеннями стандартних окисно-відновних потенціалів визначте, чи може задана система бути окисником для іонів Fe^{2+} ; для іонів Cl^- ; складіть можливі окисно-відновні реакції у молекулярній та іонній формах.

Таблиця 10.1

Варіант	Електродні реакції	
1	$MnO_4^- + H^+ + e^-$	$Mn^{2+} + H_2O$
2	$Cr_2O_7^{2-} + H^+ + e^-$	$Cr^{3+} + H_2O$
3	$FeO_4^{2-} + H^+ + e^-$	$Fe^{3+} + H_2O$
4	$NO_3^- + H^+ + e^-$	$HNO_2 + H_2O$
5	$ClO_3^- + H^+ + e^-$	$Cl^- + H_2O$
6	$NO_3^- + H^+ + e^-$	$NO + H_2O$
7	$HNO_2 + H^+ + e^-$	$NO + H_2O$
8	$S_2O_8^{2-} + H^+ + e^-$	HSO_4^-
9	$ClO_3^- + H^+ + e^-$	$Cl_{2(r)} + H_2O$
10	$IO_3^- + H^+ + e^-$	$I_2 + H_2O$
11	$HOBr + H^+ + e^-$	$Br_2 + H_2O$
12	$H_3AsO_4 + H^+ + e^-$	$HAsO_2 + H_2O$
13	$BrO_3^- + H^+ + e^-$	$Br^- + H_2O$

10.2. Для заданого у табл.10.2 розчину солей:

а) наведіть рівняння можливих електродних процесів на катоді та аноді, і виходячи із значень стандартних електродних потенціалів, зробіть висновок, який з них відбуватиметься під час електролізу наведеної суміші солей.

б) розрахуйте, яка кількість металу або водню утвориться на катоді при пропусканні через розчин електроліту струму значенням 2 А протягом 3 годин (вихід металу за струмом вважати рівним 100%).

Таблиця 10.2

Варіант	Електроліт (водний розчин)	Електроди
14	KBr + NaCl	Графітові (інертні)
15	NaI + K ₂ SO ₄	Графітові
16	NiSO ₄ + CuSO ₄	Графітові
17	CoCl ₂ + CuCl ₂	Графітові
18	Na ₂ SO ₄ + CuSO ₄	Мідні
19	AgF + AgNO ₃	Срібні
20	KNO ₃ + AgNO ₃	Срібні
21	BaCl ₂ + NiCl ₂	Нікелеві
22	KI + KCl	Графітові
23	Al ₂ (SO ₄) ₃ + Na ₂ SO ₄	Графітові
24	Pb(NO ₃) ₂ + NaNO ₃	Графітові
25	FeCl ₂ + CaCl ₂	Графітові
26	CuSO ₄ + CoSO ₄	Мідні

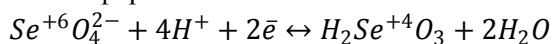
Приклад розв'язання:

Завдання: Для $SeO_4^{2-} + H^+ + e^- \rightleftharpoons H_2SeO_3 + H_2O$, користуючись довідковими даними:

а) розставте коефіцієнти;

б) розрахуйте електродний потенціал окисно-відновної системи у водному розчині для значень рН = 0; 2; 4; 6 (активності окисненої та відновленої форм прийняти рівними одиниці, а активність води прийняти за сталу величину ($a(H_2O) = \text{const}$)). Побудуйте графік залежності електродного потенціалу від рН та поясніть, як змінюється окиснювальна здатність системи залежно від рН;

в) за значеннями стандартних окисно-відновних потенціалів визначте, чи може задана система бути окисником для іонів Fe²⁺; для іонів Cl⁻; складіть можливі окисно-відновні реакції у молекулярній та іонній формах.

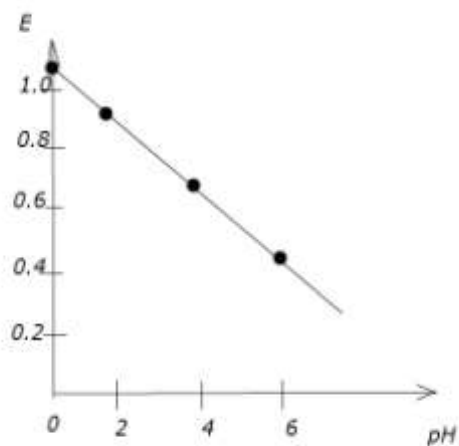


Потенціал за рівнянням Нернста:

$$E = E^\circ + \frac{0.0592}{n} \lg \frac{a(SeO_4^{2-})a^4(H^+)}{a(H_2SeO_3)a^2(H_2O)}$$

Зважаючи на те, що активність окисненої та відновленої форм приймаємо за одиницю, а води – за сталу, маємо для розбавленого розчину:

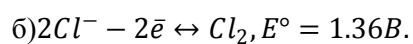
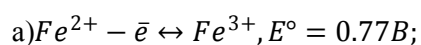
$$E = E^\circ + \frac{0.0592}{n} \lg [H^+]^4 = 1.15 + \frac{0.0592 * 4}{2} \lg [H^+]^4 = 1.15 - 0.12pH.$$



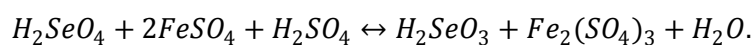
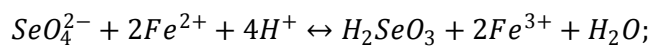
pH=0;	$E_1 = 1,15B$
pH=2;	$E_2 = 0,91B$
pH=4;	$E_3 = 0,67B$
pH=6;	$E_4 = 0,43B$

Таким чином, із зростанням рН електродний потенціал зменшується, а тому окисні властивості також зменшуються.

Для систем



Потенціал заданої системи більший тільки за потенціл (а), тому вона може бути окисником тільки по відношенню до Fe^{2+} :



ДОДАТОК

Таблиця Д1. Значення деяких фундаментальних фізичних сталих

Стала	Позначення	Значення
Швидкість світла у вакуумі	c	$2,99792458 \cdot 10^8$ м/с
Стала Планка	h	$6,626176 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Маса спокою електрона	m_e	$9,109534 \cdot 10^{-31}$ кг
Заряд електрона	e^-	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Атомна одиниця маси	1 а.о.м.	$1,6605655 \cdot 10^{-27}$ кг
Стала Авогадро	N_A	$6,022045 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Стала Фарадея	F	96484,56 Дж/В·моль
Універсальна газова стала	R	8,31441 Дж/моль·К
Об'єм моля ідеального газу за н.у. ($t = 0^\circ$ С та $P = 101,325$ кПа)	V_m	$22,41383 \cdot 10^{-3}$ м ³ /моль

Таблиця Д2. Атомні радіуси, перші потенціали іонізації, спорідненості до електрона та електронегативності деяких елементів

Порядковий номер	Елемент	Атомний радіус r , пм	Потенціал іонізації I , еВ	Спорідненість до електрона E , еВ	Електронегативність χ	Порядковий номер	Елемент	Атомний радіус r , пм	Потенціал іонізації I , еВ	Спорідненість до електрона E , еВ	Електронегативність χ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	H	30	13,6	0,75	2,1	43	Tc	136	7,28	0,55	1,9
2	He	122	24,59	-0,22	-	44	Ru	134	7,36	1,05	2,2
3	Li	155	5,39	0,59	1,0	45	Rh	134	7,46	1,137	2,2
4	Be	113	9,32	-0,19	1,5	46	Pd	137	8,34	0,562	2,2
5	B	91	8,30	0,30	2,0	47	Ag	144	7,57	1,302	1,9
6	C	77	11,26	1,27	2,5	48	Cd	156	8,99	(-0,27)	1,7
7	N	55	14,53	-0,21	3,05	49	In	166	5,78	0,3	1,7
8	O	55	13,62	1,47	3,5	50	Sn	158	7,34	1,112	1,8
9	F	64	17,42	3,45	4,0	51	Sb	161	8,64	1,046	1,9
10	Ne	160	21,57	-0,22	-	52	Te	170	9,01	2,0	2,1
11	Na	186	5,14	0,34	0,9	53	I	198	10,40	3,29	2,4
12	Mg	160	7,65	-0,22	1,2	54	Xe	218	12,1	(-0,45)	
13	Al	143	5,99	0,5	1,5	55	Cs	268	3,89	0,4716	0,7
14	Si	134	8,15	1,8	1,8	56	Ba	221	5,2	0,1446	0,9
15	P	110	10,49	0,8	2,1	57	La*	187	5,6	0,47	1,1
16	S	104	10,36	2,08	2,5	58	Ce*	183	5,5		1,12
17	Cl	99	12,98	3,61	3,0	59	Pr*	182	5,42		1,13
18	Ar	192	15,76	-0,37	-	60	Nd*	182	5,49		1,14

Продовження таблиці Д2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	K	236	4,34	0,5	0,8	61	Pm*		5,55		-
20	Ca	197	6,11		1,0	62	Sm*	181	5,63		1,17
21	Sc	164	6,56		1,3	63	Eu*	202	5,66		-
22	Ti	146	6,82		1,5	64	Gd*	179	6,16		1,20
23	V	134	6,74		1,6	65	Tb*	177	5,85		-
24	Cr	127	6,77		1,6	66	Dy*	177	5,93		1,22
25	Mn	130	7,44		1,5	67	Ho*	176	6,02		1,23
26	Fe	126	7,89		1,8	68	Er*	175	6,10		1,24
27	Co	125	7,87		1,8	69	Tm*	174	6,18		1,25
28	Ni	124	7,64		1,8	70	Yb*	193	6,25	-0,02	-1,0
29	Cu	128	7,74		1,9	71	Lu*	174	5,43		1,3
30	Zn	139	9,39		1,6	72	Hf	159	7,50		1,3
31	Ga	139	6,09		1,6	73	Ta	146	7,89	0,322	1,5
32	Ge	139	7,90		1,7	74	W	140	7,98	0,815	1,7
33	As	148	9,82		2,0	75	Re	137	7,88	0,15	1,9
34	Se	160	9,75		2,4	76	Os	135	8,50	1,1	2,2
35	Br	114	11,84	3,54	2,8	77	Ir	135	9,10	1,564	2,2
36	Kr	198	14,0			78	Pt	138	8,90	2,128	2,2
37	Rb	248	4,18	0,64	0,8	79	Au	144	9,23	2,309	2,4
38	Sr	215	5,69		1,0	80	Hg	160	10,40	(-0,19)	1,9
39	Y	181	6,21		1,2	81	Tl	171	6,11	0,2	1,8
40	Zr	160	6,83		1,4	82	Pb	175	7,42	0,364	00
41	Nb	145	6,88		1,6	83	Bi	182	7,29	0,946	1,9
42	Mo	134	7,10		1,8						
*Значення електронегативності лантанюїдів знаходяться у межах 1,1 ... 1,25											

Таблиця Д3. Стандартні ентальпії утворення та стандартні ентропії речовин

Речовина	$\Delta H^0_{\text{утв}}$, кДж/моль	S^0 , Дж/(моль·К)	Речовина	$\Delta H^0_{\text{утв}}$, кДж/моль	S^0 , Дж/(моль·К)
1	2	3	1	2	3
H ₂	0	131	Ca(OH) ₂	-987	76
N ₂	0	192	CaO	-636	40
O ₂	0	205	CaCO ₃	-1207	93
Cl ₂	0	223	HF	-703	187
S _{ромб}	0	32	SiF ₄	-1615	283
S ₂ (г)	128	228	HCl	-92	187

Продовження таблиці Д3

1	2	3	1	2	3
NO	91	211	CO	-110	198
NO ₂	33	240	CO ₂	-393	214
NH ₃	-46	192	SO ₂	-297	248
N ₂ O ₄ (р)	9	304	SO ₃ (г)	-396	256
H ₂ O (г)	-242	189	SnO ₂	-581	52
H ₂ O(р)	-286	70	SnO	-286	57
H ₂ O(кр.)	-292	39	PCl ₅	-366	365
NH ₄ Cl	-314	96	H ₃ PO ₄	-1288	158
Mg(OH) ₂	-915	95	PbO	-219	66
MgO	-602	27	PbO ₂	-277	75
SO ₂ Cl ₂	-363	311	SiO ₂	-912	41
CH ₄	-75	186	Sn	0	52
PCl ₃ (г)	-281	312	Fe ₂ O ₃	-822	87
MnO ₂	-522	53	Fe ₃ O ₄	-1117	146
Mn ₂ O ₃	-958	111			

Таблиця Д4. Константи іонізації деяких кислот (298,15 К)

Пара Кислота/ основа	K _к	Пара Кислота/ основа	K _к
1	2	1	2
H ₂ PO ₄ ⁻ /HPO ₄ ²⁻	4,93·10 ⁻¹⁰	H ₂ PO ₄ ⁻ /HPO ₄ ²⁻	6,17·10 ⁻⁸
HClO/ClO ⁻	2,89·10 ⁻⁸	HPO ₄ ²⁻ /PO ₄ ³⁻	4,57·10 ⁻¹³
HBrO/BrO ⁻	2,06·10 ⁻⁹	CH ₃ COOH/CH ₃ COO ⁻	1,74·10 ⁻⁵
H ₂ S/HS ⁻	1,05·10 ⁻⁷	CH ₂ ClCOOH/ CH ₂ ClCOO ⁻	1,36·10 ⁻³
HS ⁻ /S ²⁻	1,23·10 ⁻¹³	HSO ₃ ⁻ / HSO ₃ ²⁻	6,21·10 ⁻⁸
H ₂ CO ₃ /HCO ₃ ⁻	4,27·10 ⁻⁷	HSe ⁻ / Se ²⁻	1,0·10 ⁻¹¹
HCO ₃ ⁻ / CO ₃ ²⁻	4,68·10 ⁻¹¹	H ₂ Se/HSe ⁻	1,55·10 ⁻⁴
HCOOH/HCOO ⁻	1,8·10 ⁻⁴	HSO ₃ ⁻ /SO ₃ ²⁻	6,9·10 ⁻⁴
HOI/OI ⁻	1,0·10 ⁻¹¹		

Таблиця Д 5. Добутки розчинності деяких малорозчинних електролітів у водних розчинах при температурі 298 К

Електроліт	ДР	Електроліт	ДР
1	2	1	2
AgCl	1,8·10 ⁻¹⁰	BaSO ₄	1,8·10 ⁻¹⁰
AgBr	5,0·10 ⁻¹³	PbI ₂	8,7·10 ⁻⁹
Ag ₂ S	7,2·10 ⁻⁵⁰	PbCl ₂	1,7·10 ⁻⁵
BaF ₂	1,7·10 ⁻⁶	CaSO ₄	3,7·10 ⁻⁵
BaCO ₃	4,9·10 ⁻⁹		

Таблиця Д 6. Константи іонізації деяких основ за температури 298 К

Назва	Формула	K
1	2	3
Аміак	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$
Гідроксид заліза(II)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$(K_2) 1,3 \cdot 10^{-4}$
Гідроксид заліза(III)	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$(K_3) 1,35 \cdot 10^{-12}$
Гідроксид мангану (II)	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$(K_2) 5,0 \cdot 10^{-4}$
Гідроксид купрум(II)	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$(K_2) 3,4 \cdot 10^{-7}$
Гідроксид нікелю(II)	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$(K_2) 8,3 \cdot 10^{-4}$
Гідроксид цинку(II)	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$(K_2) 4,0 \cdot 10^{-5}$
Гідроксид свинцю(II)	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$(K_2) 3,0 \cdot 10^{-8}$
Гідроксид хрому(III)	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$(K_3) 1,02 \cdot 10^{-10}$
Гідроксид алюмінію	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$(K_3) 1,38 \cdot 10^{-9}$
Анілін	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$
Метиламін	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$

Таблиця Д 7. Стандартні електродні потенціали деяких систем у водних розчинах за температури 298 К

Система	$\varphi^\circ, \text{В}$
$\text{Li}^+ + e^-$ Li	-3,045
$\text{K}^+ + e^-$ K	-2,925
$\text{Ba}^{2+} + 2e^-$ Ba	-2,906
$\text{Na}^+ + e^-$ Na	-2,714
$\text{Al}^{3+} + 3e^-$ Al	-1,66
$\text{Fe}^{2+} + 2e^-$ Fe	-0,440
$\text{Co}^{2+} + 2e^-$ Co	-0,277
$\text{Ni}^{2+} + 2e^-$ Ni	-0,250
$\text{Pb}^{2+} + 2e^-$ Pb	-0,126
$2\text{H}^+ + 2e^-$ H_2	0,000
$\text{Cu}^{2+} + 2e^-$ Cu	0,337
$\text{I}_2 + 2e^-$ 2I^-	0,535
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2e^- + 2\text{H}^+$ $\text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,560
$\text{Ag}^+ + e^-$ Ag	0,799
$\text{NO}_3^- + 2e^- + 3\text{H}^+$ $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,940
$\text{NO}_3^- + 3e^- + 4\text{H}^+$ $\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,960
$\text{HNO}_2 + e^- + \text{H}^+$ $\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	1,000
$\text{Br}_2 + 2e^-$ 2Br^-	1,065
$\text{SeO}_4^{2-} + 2e^- + 4\text{H}^+$ $\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1,15
$2\text{IO}_3^- + 10e^- + 12\text{H}^+$ $\text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,19
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6e^- + 14\text{H}^+$ $2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,33
$\text{Cl}_2 + 2e^-$ 2Cl^-	1,359
$\text{BrO}_3^- + 6e^- + 6\text{H}^+$ $\text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,443
$\text{ClO}_3^- + 6e^- + 6\text{H}^+$ $\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,45
$2\text{ClO}_3^- + 10e^- + 12\text{H}^+$ $\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,47
$\text{MnO}_4^- + 5e^- + 8\text{H}^+$ $\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,52
$2\text{HOBr} + 2e^- + 2\text{H}^+$ $\text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,59
$\text{FeO}_4^{2-} + 3e^- + 8\text{H}^+$ $\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,70
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e^- + 2\text{H}^+$ 2HSO_4^-	2,05
$\text{F}_2 + 2e^-$ 2F^-	2,87

Список літератури:

- 1. Загальна та неорганічна хімія / О. М Степаненко, Л. Г. Рейтер, В. М Ледовських, С. В. Іванов ~ У 2 ч. - К.: Пед. преса, 2002. ~ т.1 - 518 с.**
- 2. Загальна та неорганічна хімія / О. М Степаненко, Л. Г. Рейтер, В. М Ледовських, С. А Іванов - У 2 ч.. - К: Пед. преса, 2000. - т.2 - 784 с.**
- 3. Неділько С .А., Попель Я. Я. Загальна й неорганічна хімія: задачі та вправи. - К.: Либідь, 2000. - 398 с.**