

Міністерство освіти і науки України
Міністерство охорони здоров'я України
Сумський державний педагогічний університет
імені А. С. Макаренка

КЛИМЕНКО С. О.

ЗБІРНИК ЗАДАЧ З БІОНЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

*Навчальний посібник для студентів
вищих медичних навчальних закладів I-II рівнів акредитації
спеціальності „Сестринська справа” та “Лікувальна справа”*

Суми
Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка
2014

УДК 373.54
ББК 74.262.4
К49

Розглянуто на засіданні циклової комісії з природничо-наукових дисциплін
Сумського базового медичного коледжу

(Протокол №5 від 16 січня 2012 р.)

Розглянуто на засіданні кафедри хімії та МНХ Сумського державного
педагогічного університету імені А.С. Макаренка

(Протокол №5 від 17 грудня 2013 р.)

Рекомендовано до друку Вченою радою Сумського державного педагогічного
університету імені А.С. Макаренка

(Протокол № 7 від 27 січня 2014 р.)

Рецензенти: **Гиря О.О.**, к.пед.н, заслужений вчитель України, доц. кафедри
хімії СОІППО;

Приходько О.О., к.м.н., асистент кафедри анатомії людини
медичного інституту Сумського державного університету;

Сербіна В.К., викладач медичної хімії, викладач-методист
Сумського базового медичного коледжу.

Клименко С. О.

К 49 Збірник задач з біонеорганічної хімії : навчальний посібник /
С. О. Клименко – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка , 2014. – 68 с.

Збірник задач та вправ із біонеорганічної хімії складено відповідно до програми медичної хімії для студентів ВМНЗ I–II рівнів акредитації. Посібник складається із 4 тематичних розділів – змістових модулів, що включають розгляд теоретичного матеріалу, приклади розв’язків типових задач та завдання для самостійного розв’язку з професійно-спрямованим змістом.

Посібник також може бути корисним вчителям загальноосвітніх шкіл, а також учням шкіл хіміко-біологічного профілю.

УДК 373.54
ББК 74.262.4

© Клименко С.О., 2014

© Вид-во СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2014

Зміст

<i>№</i>	<i>Розділ</i>	<i>Сторінка</i>
	ВСТУП	4
§1	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №1 Хімія біогенних елементів	4
§2	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №2 Комплексні сполуки	16
§3	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №3 Вчення про розчини	32
§4	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №4 Рівновага в розчинах електролітів	46
	Додатки	62

ВСТУП

Чільне місце хімії в системі підготовки середнього медичного спеціаліста визначається тим, що значна частина професійної діяльності, так чи інакше, пов'язана з хімічними речовинами та розчинами різної природи. Значущість даної дисципліни важко переоцінити як при вивченні предметів природничого циклу, так і клінічних дисциплін, в професійній діяльності та в життєвому побуті. Наприклад, знання теоретичного характеру про біогенні елементи та їх властивості, розчини, розчинник, розчинену речовину, масову частку розчиненої речовини, умови розчинення речовин та способи приготування розчинів знаходить своє відображення при розв'язанні навчальних задач з фармакології; методики розрахунків і приготування медичних препаратів – розчинів, розглядаються у курсі “Сестринська справа”; суть процесу розчинення, приготування розчинів різного складу, визначення якісних та кількісних характеристик розчинів, заходи безпеки під час приготування розчинів є предметом вивчення дисципліни ряду клінічних дисциплін. У сукупності все вище перераховане є показником загального рівня хімічної компетентності. Засвоєння теоретичних знань з біонеорганічної хімії є необхідною умовою для визначення мінімального практичного досвіду молодшого медичного працівника, достатнього для того, щоб правильно інтерпретувати фізико-хімічні процеси, які протікають в біологічних системах.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №1 ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Тема 1. Розрахункові задачі

Приклад 1.1 Масова частка білка в організмі людини становить 17% від маси тіла. Масова частка Нітрогену в білку становить 16%. Знайдіть масу Нітрогену в організмі людини масою 80 кг.

$m(N) - ?$	Знайдемо масу білка, який міститься в організмі людини масою 80 кг:
$\omega(\text{білка}) = 17\% = 0,17$	$m(\text{білка}) = m(\text{людини}) \cdot \omega(\text{білка}) = 80 \text{ кг} \cdot 0,17 = 13,6 \text{ кг}$
$\omega(N) = 16\% = 0,16$	Маса Нітрогену в білку становить:
$m(\text{людини}) = 80 \text{ кг}$	$m(N) = m(\text{білка}) \cdot \omega(N) = 13,6 \text{ кг} \cdot 0,16 = 2,176 \text{ кг}$
	Відповідь: $m(N) = 2,176 \text{ кг}$

Приклад 1.2 Людина вдихає повітря, в якому міститься 21% кисню, 0,03% вуглекислого газу і 78,97% азоту (за об'ємом). Визначте, який об'єм кисню потрапляє в легені людини в стані спокою, якщо вона вдихає 500 см³ повітря.

$V(O_2) - ?$	Об'єм кисню, який вдихає людина в стані спокою, становить:
$\omega(O_2) = 21\%$	$V(O_2) = V(\text{повітря}) \cdot \omega(O_2) = 500 \text{ см}^3 \cdot 0,21 = 105 \text{ см}^3$
$\omega(CO_2) = 0,03\%$	Відповідь: $V(O_2) = 105 \text{ см}^3$
$\omega(N_2) = 78,97\%$	
$V(\text{повітря}) = 500 \text{ см}^3$	

Приклад 1.3 Людині у день необхідно 1 г Кальцію. Скільки склянок молока потрібно споживати щодня для постачання організму цим елементом, якщо одна склянка молока містить 280 мг Кальцію?

$N(\text{склянок молока}) - ?$	Якщо в одній склянці молока міститься 0,28 г Кальцію, то для забезпечення добової норми (1г) кількість склянок молока становить:
$m(\text{Ca})_{\text{в 1 скл.}} = 0,28 \text{ г}$	$n(\text{склянок молока}) = 1 \text{ г} / 0,28 \text{ г} = 3,5$
$m(\text{Ca})_{\text{за добу}} = 1 \text{ г}$	Відповідь: 3,5 склянки

Приклад 1.4 Вміст Броду в головному мозку людини становить 25 мг на 100г тканин. Маса мозку дорослої людини приблизно 1100 г. Яка маса Броду міститься в головному мозку?

$m(\text{Br}) - ?$	Знайдемо, скільки мг Броду міститься в 1100 г мозку дорослої людини:
$m(\text{Br})_{\text{в мозку на 100г}} = 25 \text{ мг}$	в 100г тканин головного мозку – 25мг Br,
$m(\text{мозку}) = 1100 \text{ г}$	а в 1100г – x мг Br, звідси x
	$\text{мг} = \frac{1100\text{г} \cdot 25\text{мг}}{100\text{г}} = 275\text{мг}$
	$m(\text{Br}) = 275\text{мг}$
	Відповідь: $m(\text{Br}) = 275\text{мг}$

Приклад 1.5 Стоматологи рекомендують для профілактики карієсу чистити зуби зубною пастою, в якій міститься активний Фтор. Щорічна потреба зубів у Фторі 1,5г. Скільки тюбиків зубної пасти потрібно витратити за рік, щоб забезпечити цю норму, якщо відомо, що в тюбику масою 100 г міститься 0,15% активного Фтору?

$N(\text{тюбиків зубної пасти}) - ?$	Знайдемо скільки грам Фтору міститься в 100 г зубної пасти:
$\omega(\text{F})_{\text{в 100г тюбику}} = 0,15\%$	$m(\text{F})_{\text{в 100 г}} = m(\text{тюбика}) \cdot \omega(\text{F})_{\text{в 100г тюбику}} = 100 \text{ г} \cdot 0,015 = 1,5 \text{ г}$
$= 0,0015$	Для забезпечення добової норми Фтору на рік (1,5 г) кількість тюбиків зубної пасти становить:
$m(\text{тюбика}) = 100 \text{ г}$	$n(\text{тюбиків зубної пасти}) = 1,5 \text{ г} / 1,5 \text{ г} = 1$
	Відповідь: 1 тюбик

Тема 2. Розрахунки з використанням поняття «моль». Визначення кількості речовини

Кількість речовини – це фізична величина, яка характеризує число однотипних структурних одиниць, що містяться у речовині. Під однотипними структурними одиницями слід розуміти будь-які часточки, із яких складається речовина: атоми, молекули, йони. В описанні хімічних реакцій величина кількості речовини є більш зручною, ніж маса чи об'єм, оскільки молекули речовини реагують між собою у кількостях, кратних цілим числам. Використання у розрахунках безпосередньої кількості атомів чи молекул є незручним з причини необхідності оперування дуже великими числами. Тому за одиницю виміру кількості речовини прийнято *1 моль* – кількість речовини,

що містить стільки структурних елементів речовини, скільки атомів міститься в 12г ізотопу Карбону ^{12}C . Для графічного позначення кількості речовини використовують латинську літеру n або грецьку літеру ν .

1 моль будь-якої речовини містить $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць; це число є однією з фундаментальних величин і називається *сталою Авогадро* N_A . Із даного визначення можна записати:

$$\vartheta = \frac{N}{N_A} \quad (1.1)$$

Молярна маса – це фізична величина, що визначається як співвідношення маси речовини до відповідної її кількості; позначається великою літерою M . Відповідно, кількість речовини представляє собою співвідношення маси речовини до її молярної маси:

$$\vartheta = \frac{m}{M} \quad (1.2)$$

Молярний об'єм газу – це фізична величина, що визначається як співвідношення об'єму газу до відповідної його кількості речовини. За нормальних умов молярний об'єм газу є сталою величиною, яка становить 22,4 л/моль і позначається V_m . Відповідно кількість речовини газоподібної речовини можна представити у вигляді:

$$\vartheta = \frac{V}{V_m} \quad (1.3)$$

Приклад 2.1 В емалі зубів людини міститься приблизно 7500 мг Натрію, а в дентині зубів – 11 600 мг. Підрахуйте, скільки атомів Натрію знаходиться в: а) емалі зубів людини; б) дентині зубів.

$N_1(\text{Na})$ – ?

$N_2(\text{Na})$ – ?

$m_1(\text{Na}) = 7500 \text{ мг} = 7,5\text{г}$

$m_2(\text{Na}) = 11600\text{мг} = 11,6 \text{ г}$

Для розрахунку кількості атомів Натрію в емалі та дентині зубів розрахуємо кількість речовини Na за

формулою: $\vartheta = \frac{m}{M}$, де $M(\text{Na}) = 23\text{г} / \text{моль}$

$$\vartheta_1(\text{Na}) = \frac{m_1(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{7,5\text{г}}{23\text{г} / \text{моль}} = 0,326\text{моль}$$

$$\vartheta_2(\text{Na}) = \frac{m_2(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{11,6\text{г}}{23\text{г} / \text{моль}} = 0,504\text{моль}$$

Кількість атомів Натрію в емалі та дентині зубів

знайдемо за формулою: $\vartheta = \frac{N}{N_A}$, звідси $N = N_A \cdot \vartheta$

$$N_1(\text{Na}) = N_A \cdot \vartheta_1(\text{Na}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,326\text{моль} = 1,963 \cdot 10^{23}$$

$$N_2(\text{Na}) = N_A \cdot \vartheta_2(\text{Na}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,504\text{моль} = 3,036 \cdot 10^{23}$$

Відповідь: а) $N_1(\text{Na}) = 1,963 \cdot 10^{23}$;

$$б) N_2(\text{Na}) = 3,036 \cdot 10^{23} \text{ атомів}$$

Приклад 2.2 Фосфор відіграє важливу роль в процесах обміну речовин та енергозбереженні. Препарат кальцій гліцерофосфат складу $\text{Ca}_3\text{H}_7\text{CaOP}$ підвищує анаболічні процеси організму людини, широко використовується при астенії. Розрахуйте кількість атомів Фосфору у даній сполуці масою 13 г.

$N(\text{P}) - ?$	Для розрахунку кількості атомів Фосфору в препараті визначемо кількість речовини P за формулою: $\vartheta = \frac{m}{M}$, де $M(\text{Ca}_3\text{H}_7\text{CaOP}) = 214 \text{ г / моль}$
$m(\text{P}) = 13 \text{ г}$	$\vartheta(\text{P}) = \frac{m(\text{P})}{M(\text{Ca}_3\text{H}_7\text{CaOP})} = \frac{13 \text{ г}}{214 \text{ г / моль}} = 0,06 \text{ моль}$ Кількість атомів Фосфору у даній сполуці знайдемо за формулою: $\vartheta = \frac{N}{N_A}$, звідси $N = N_A \cdot \vartheta$ $N(\text{P}) = N_A \cdot \vartheta(\text{P}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,06 \text{ моль} = 0,3654 \cdot 10^{23} = 3,654 \cdot 10^{22}$ Відповідь: $N(\text{P}) = 3,654 \cdot 10^{22}$ атомів

Приклад 2.3 Добова потреба людини в Натрії зазвичай забезпечується споживанням кухонної солі, яка і є основним джерелом мікроелементу. За добу людина вживає приблизно 12 г кухонної солі (NaCl). Скільки молекул міститься в 12 г NaCl ?

$N(\text{NaCl}) - ?$	Кількість молекул обчислюємо за формулою: $N = N_A \cdot \vartheta$. Кількість речовини розраховуємо за формулою: $\vartheta = \frac{m}{M}$, де $M(\text{NaCl}) = 58 \text{ г / моль}$
$m(\text{NaCl}) = 12 \text{ г}$	Підставляємо значення і здійснюємо обчислення: $\vartheta_1(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{12 \text{ г}}{58 \text{ г / моль}} = 0,206 \text{ моль}$ $N(\text{NaCl}) = N_A \cdot \vartheta(\text{NaCl}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,206 \text{ моль} = 1,24 \cdot 10^{23}$ Відповідь: $N(\text{NaCl}) = 1,24 \cdot 10^{23}$ молекул

Приклад 2.4 Елемент Магній входить до складу всіх живих організмів. Якщо маса людини становить 60 кг, то 25 г з них – це елемент Магній. Яка кількість речовини Магнію становить масу 25 г?

$\vartheta(\text{Mg}) - ?$	Кількість речовини Магнію розраховуємо за формулою: $\vartheta = \frac{m}{M}$, де $M(\text{Mg}) = 24 \text{ г / моль}$
$m(\text{людини}) = 60 \text{ кг}$ $m(\text{Mg}) = 25 \text{ г}$	$\vartheta(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{25 \text{ г}}{24 \text{ г / моль}} = 1,04 \text{ моль}$ Відповідь: $\vartheta(\text{Mg}) = 1,04 \text{ моль}$

Приклад 2.5 Клінічний аналіз крові людини показує, що в 100 см^3 її міститься 180 мг Калію і 6,5 мг Кальцію. Скільки атомів Калію і Кальцію міститься в крові дорослої людини, якщо середній її об'єм становить 5 л?

$N(\text{K}) - ?$ $N(\text{Ca}) - ?$	Знайдемо масу Калію та Кальцію, яка міститься в 5 л крові дорослої людини:
$V_1(\text{крові}) = 100 \text{ мл}$	в 100 мл крові – 180 мг К,
$V_2(\text{крові}) = 5 \text{ л}$	а в 5000 мл – $x \text{ мг}$ К, звідси
$(\text{K}) = 180 \text{ мг}$	$x \text{ мг} = \frac{5000 \text{ мл} \cdot 180 \text{ мг}}{100 \text{ мл}} = 9000 \text{ мг} = 9 \text{ г}$
$m(\text{Ca}) = 6,5 \text{ мг}$	$m(\text{K}) = 9 \text{ г}$
	В 100 мл крові – $6,5 \text{ мг}$ Са,
	а в 5000 мл – $x \text{ мг}$ Са, звідси
	$x \text{ мг} = \frac{5000 \text{ мл} \cdot 6,5 \text{ мг}}{100 \text{ мл}} = 325 \text{ мг} = 0,325 \text{ г}$
	$m(\text{Ca}) = 0,325 \text{ г}$
	Кількість речовини К і Са розраховуємо за формулою:
	$\vartheta = \frac{m}{M}$, де $M(\text{K}) = 39 \text{ г / моль}$; $M(\text{Ca}) = 40 \text{ г / моль}$
	$\vartheta(\text{K}) = \frac{m(\text{K})}{M(\text{K})} = \frac{9 \text{ г}}{39 \text{ г / моль}} = 0,230 \text{ моль}$
	$\vartheta(\text{Ca}) = \frac{m(\text{Ca})}{M(\text{Ca})} = \frac{0,325 \text{ г}}{40 \text{ г / моль}} = 0,008 \text{ моль}$
	Знайдемо кількість атомів Калію і Кальцію за формулою:
	$N = N_A \cdot \vartheta$
	$N(\text{K}) = N_A \cdot \vartheta(\text{K}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,230 \text{ моль} =$ $= 1,384 \cdot 10^{23}$
	$N(\text{Ca}) = N_A \cdot \vartheta(\text{Ca}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,008 \text{ моль} =$ $= 0,048 \cdot 10^{23} = 4,8 \cdot 10^{21}$
	Відповідь: $N(\text{K}) = 1,384 \cdot 10^{23}$; $N(\text{Ca}) = 4,8 \cdot 10^{21}$ атомів

Тема 3. Визначення масової частки елемента в речовині

Масова частка визначається як відношення маси елемента, який міститься в даній масі речовини, до маси речовини:

$$\omega = \frac{m_e}{m_p} \quad (1.4)$$

де ω – масова частка елемента (%),

m_e – маса елемента в даній масі речовини,

m_p – маса речовини.

Виражаючи масу елемента в даній речовині і масу речовини через відносні атомну та молекулярну маси, отримуємо формулу:

$$\omega = \frac{nA_r}{M_r} \quad (1.5)$$

де ω – масова частка елемента в речовині,
 n – кількість атомів даного елемента в молекулі речовини,
 A_r – відносна атомна маса елемента,
 M_r – відносна молекулярна маса речовини.

За цією формулою масова частка обчислюється в частках від одиниці. Для обчислення масової частки у відсотках використовується формула:

$$\omega = \frac{nA_r}{M_r} \cdot 100\%$$

Приклад 3.1 У кістках тварин міститься 2,12% Фосфору, 7,56% Кальцію і 1,51% Магнію. Знайдіть масову частку цих елементів у золі кісток, яка становить 27% їх маси.

Ω (елементів) – ?	Вважаємо, що в процесі р'єнтгум Фосфор, Кальцій і Магній не витрачаються.
$\omega(P) = 2,12\%$	За умовою, зі 100г кісток одержимо 27г золи.
$\omega(Ca) = 7,56\%$	Отже, масова частка елементів у золі становить:
$\omega(Mg) = 1,51\%$	$\omega(P) = \frac{\omega(P)}{\omega(золи)} = \frac{2,12}{27} = 0,0785 \text{ або } 7,85\%$
$\omega(золи) = 27\%$	$\omega(Ca) = \frac{\omega(Ca)}{\omega(золи)} = \frac{7,56}{27} = 0,28 \text{ або } 28\%$
	$\omega(Mg) = \frac{\omega(Mg)}{\omega(золи)} = \frac{1,51}{27} = 0,056 \text{ або } 5,6\%$
	Відповідь: масова частка елементів становить: $P = 7,85\%$, $Ca = 28\%$, $Mg = 5,6\%$

Приклад 3.2 В організмі людини Фтор є складовою частиною скелету людини та міститься в емалі зубів у складі р'єнтгум омн $Ca_5F(PO_4)_3$. Розрахуйте вміст Фтору у даній речовині.

$\Omega(F) - ?$	Масову частку Фтору у р'єнтгум омн $Ca_5F(PO_4)_3$ розраховуємо за формулою:
$Ca_5F(PO_4)_3$	$\omega = \frac{nA_r}{M_r} \cdot 100\%, \text{ де } A_r(F) = 19; M_r(Ca_5F(PO_4)_3) = 504$
	$\omega(F) = \frac{nA_r(F)}{M_r(Ca_5F(PO_4)_3)} \cdot 100\% = \frac{1 \cdot 19}{504} \cdot 100\% = 3,77\%$
	Відповідь: $\omega(F) = 3,77\%$

Приклад 3.3 Токсичною дозою для людини є одночасне потрапляння до організму 200 мг Барію. Визначте масу Барію в барій хлориді $BaCl_2$, що потрапив до організму людини в кількості 1,05 г.

$m(Ba) - ?$	Знайдемо масову частку Барію в барій хлориді:
$m(BaCl_2) = 1,05 \text{ г}$	$\omega = \frac{nA_r}{M_r} \cdot 100\%, \text{ де } A_r(Ba) = 137; M_r(BaCl_2) = 207$

$$\omega(Ba) = \frac{nA_r(Ba)}{M_r(BaCl_2)} \cdot 100\% = \frac{1 \cdot 137}{207} \cdot 100\% = 0,66\%$$

Масу Барію в 1,05 г барій хлориді знайдемо за

формулою: $\omega = \frac{m_e}{m_p}$, звідси $m_e = \omega \cdot m_p$

$$m(Ba) = \omega(Ba) \cdot m(BaCl_2) = 0,66\% \cdot 1,05 \text{ г} = 0,693 \text{ г}$$

Відповідь: $m(Ba) = 0,693 \text{ г}$

Приклад 3.4 Утворення в організмі людини каменів у жовчному міхурі, нирках і каналах пов'язано з поганою розчинністю солей Кальцію. При цьому форми кальцій фосфату по мірі зростання розчинності розташовують таким чином: $Ca_3(PO_4)_3 < CaHPO_4 < Ca(H_2PO_4)_2$. Визначте, в якій із зазначених сполук вміст Фосфору найбільший.

$\omega(P) - ?$

R $Ca_3(PO_4)_3 < CaHPO_4$
<
< $Ca(H_2PO_4)_2$

Знайдемо масові частки Кальцію в кожній із форм

кальцій фосфату за формулою: $\omega = \frac{nA_r}{M_r} \cdot 100\%$,

де $A_r(P) = 31$; $M_r(Ca_3(PO_4)_3) = 310$;

$M_r(CaHPO_4) = 136$; $M_r(Ca(H_2PO_4)_2) = 234$

$$\omega_1(P) = \frac{nA_r(P)}{M_r(Ca_3(PO_4)_3)} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 31}{310} \cdot 100\% = 20\%$$

$$\omega_2(P) = \frac{nA_r(P)}{M_r(CaHPO_4)} \cdot 100\% = \frac{1 \cdot 31}{136} \cdot 100\% = 23\%$$

$$\omega_3(P) = \frac{nA_r(P)}{M_r(Ca(H_2PO_4)_2)} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 31}{234} \cdot 100\% = 26\%$$

Відповідь: $\omega(P) = 26\%$ найбільша в $Ca(H_2PO_4)_2$

Приклад 3.5 Оксид невідомого елемента E_2O – “джерело життя на Землі”. Він відіграє важливу роль в процесах засвоєння та обміну поживних речовин, регулює температуру тіла людини. Масова частка Оксигену в ньому становить 88,88%. Встановіть невідомий елемент.

$E - ?$

$\omega(O) = 88,88\%$

Для встановлення невідомого елемента скористаємося

формулою: $\omega = \frac{nA_r}{M_r} \cdot 100\%$,

де $A_r(O) = 16$; $M_r(E_2O) = 2x + 16$

$$\omega(O) = \frac{nA_r(O)}{M_r(E_2O)} \cdot 100\%;$$

$$0,8888 = \frac{16}{2x + 16}, \text{ звідси } x = 1. \text{ Отже, } A_r(E) = 1 - \text{це}$$

Гідроген, якому відповідає формула оксиду H_2O .

Відповідь: Гідроген

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1 рівень

Задача 1. В організмі людини вміст Калію складає близько 160 г. Із загальної кількості Калію 98% знаходиться у внутрішньому середовищі клітини і лише 2% у позаклітинній рідині. Розрахуйте, скільки атомів Калію міститься у внутрішньоклітинній та позаклітинній рідинах.

(Відповідь: $2,42 \cdot 10^{24}$; $4,94 \cdot 10^{22}$ атомів).

Задача 2. Організму дорослої людини необхідно близько 1200 мг Кальцію щодня. Приблизно 75% добової потреби в Кальції людина отримує з молочних продуктів, інші 25% – з овочів. Скільки Кальцію (мг/добу) повинна споживати людина у складі молочних продуктів та овочів?

(Відповідь: 900 мг; 300 мг).

Задача 3. Магній — основна частина сольового балансу живих організмів. Добова потреба в Магнії складає 10 мг на 1 кг маси тіла. Розрахуйте масу даного елемента, що необхідна для людини вагою 63 кг.

(Відповідь: 630 мг).

Задача 4. Мінеральний Фосфор є основним мікроелементом (після Кальцію), що міститься в емалі зубів. Визначте молекулярну формулу сполуки Фосфору, що міститься в організмі людини, якщо масові частки елементів в ній складають: 39,84% (Ca), 18,53% (P), 41,43% (O), 0,2% (H). Відносна молекулярна маса цієї сполуки 1004 г/моль.

(Відповідь: $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$).

Задача 5. Добова потреба людини в Кальції в середньому складає 1000 – 1500 мг. Розрахуйте кількість таблеток препарату Кальцію (наведені у таблиці), які треба прийняти протягом дня, для забезпечення добової потреби 1000 мг Кальцію при повному його засвоєнні.

Препарати Кальцію	Вміст Кальцію	Кількість таблеток
Кальцій карбонат	250	
Кальцій цитрат	260	
Кальцій глюконат	200	
Кальцій лактат	42	
Кальцій гідрофосфат	115	
Кальцій фосфат	608	

(Відповідь: 4; 4; 5; 24; 9; 2).

Задача 6. Вміст Натрію в організмі людини складає приблизно 60 г. Із цієї кількості 44% Натрію міститься в позаклітинній рідині та 56% у внутрішньоклітинній. Розрахуйте, кількість атомів Натрію в позаклітинній та внутрішньоклітинній рідинах.

(Відповідь: $6,90 \cdot 10^{23}$; $8,79 \cdot 10^{23}$ атомів).

Задача 7. При нестачі Калію в організмі людини призначають препарат калій хлорид KCl. Чи забезпечить добову потребу організму в Калії (3 г/добу) введення внутрішньо-м'язово 5 г калій хлориду за умови його повного засвоєння?

(Відповідь: ні; 2,6 г).

Задача 8. При заняттях спортом, а також при інтенсивних фізичних навантаженнях потреба в Калії значно зростає. Скільки необхідно споживати волоських горіхів та вареної картоплі для забезпечення добової норми даного елемента (3 г/добу), якщо у 100 г горіхів міститься 450 мг Калію, а у 100 г картоплі – 4620 мг Калію.

(Відповідь: 700 г волоських горіхів; 65 г картоплі).

Задача 9. Добова потреба дітей у фосфорі становить 0,65 г. Яку кількість сиру повинна вживати дитина на день, для забезпечення добової потреби, якщо вміст Фосфору в сирі становить 1030 мг на 100 г ?

(Відповідь: 63 г).

Задача 10. Добова норма Магнію приблизно становить 300 мг для жінок і 400 мг для чоловіків. Визначте, чи забезпечить добову потребу в Магнії додавання до їжі магній цитрату $\text{MgC}_6\text{H}_6\text{O}_7$ в кількості 7 г на добу при повному його засвоєнні.

(Відповідь: так; 780 мг).

Задача 11. Селен має захисну дію на імунну систему та запобігає формуванню вільних радикалів, що мають шкідливу дію на організм людини. Добова потреба у Селені становить 50 мкг. Скільки рису необхідно вживати для забезпечення добової потреби селену, якщо вміст Селену у ньому становить 26 мкг/100г?

(Відповідь: 192 г).

Задача 12. Загальний вміст Феруму в організмі людини становить приблизно 4,25 г. Визначте, скільки грам Феруму міститься в: а) гемоглобіні крові; б) тканинах та тканинних ферментах; в) печінці, селезінці та кістковому мозку, якщо масова частка елемента у них відповідно становить 57%, 23% та 20%.

(Відповідь: а) 2,4 г; б) 1 г; в) 0,85).

Задача 13. Калій лактат – сіль молочної кислоти складу $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOK}$, яка використовується в харчовій промисловості як харчова добавка Е326 для регулювання кислотності. Розрахуйте, кількість атомів Калію в даній сполуці масою 3 г.

(Відповідь: $1,4 \cdot 10^{22}$ атомів).

Задача 14. Одним із найбільш біологічно р'єнтум омни джерел Магнію є мінерал р'єнту складу $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, що широко використовується в цілях медичної реабілітації, фізіотерапії і санаторно-курортного лікування. Визначте масову частку Магнію в даній сполуці.

(Відповідь: 11,88%).

2 рівень

Задача 15. Визначте вміст хімічних елементів в організмі людини масою 70 кг, якщо він складається з 45,5 кг Оксигену, 12,6 кг Карбону, 7 кг Гідрогену, 2,1 кг Нітрогену, 1,4 кг Кальцію, 0,7 кг Фосфору та інших елементів.

(Відповідь: 65%; 18%; 10%; 3%; 2%; 1%; 1%).

Задача 16. Добова потреба організму в Кальції у вигляді кальцій карбонату CaCO_3 становить 1,2 г. Визначте масову частку Кальцію в даній речовині.

(Відповідь: 40%).

Задача 17. Масова частка Цинку, що входить до складу отрути кобри дорівнює 0,5%. Скільки атомів Цинку міститься у 1 краплі (30 мг) даної отрути?

(Відповідь: $1,39 \cdot 10^{21}$ атомів).

Задача 18. У медицині використовують препарат кальцію глюконат $(C_6H_{11}O_7)_2Ca$, одна таблетка якого важить 10 г. Яку добову кількість Кальцію отримує організм, якщо в день потрібно приймати 3 рази по одній таблетці?
(Відповідь: 2,79 г).

Задача 19. Людина за добу разом з повітрям видихає 500 л вуглекислого газу (н.у.). Визначте масу цього об'єму газу.

(Відповідь: 982 г).

Задача 20. Гемоглобін в організмі людини виконує роль транспортного засобу при перенесенні кисню до клітин організму. Скільки атомів Феруму міститься в гемоглобіні крові середньої людини, якщо маса Феруму становить 3 г?

(Відповідь: $3,19 \cdot 10^{22}$ атомів).

Задача 21. Вчені довели, що в місцевості з малим вмістом Фтору у питній воді дефекти слуху спостерігалися частіше, ніж в населеному пункті, у водопровідній воді якого містилося 1,4 мг/л Фтору. Скільки атомів Фтору міститься в 1 л водопровідної води за даної концентрації?

(Відповідь: $4,2 \cdot 10^{19}$ атомів).

Задача 22. До складу людського тіла входить в середньому по масі 65% Оксигену, 18% Карбону, 10% Гідрогену, 0,15% Натрію та 0,15% Хлору. Яких атомів більше в людському тілі?

(Відповідь: атомів Гідрогену).

Задача 23. Масова частка неорганічних речовин в кістках людини становить 22%. Масова частка кальцій р'єнтум омні $CaHPO_4$ становить 85%, а масова частка кісток в організмі людини 20%. Визначте масу кальцій р'єнтум омні і елемента Кальцію в організмі людини масою 70 кг.

(Відповідь: 2,6 кг $CaHPO_4$; 0,76 кг Ca).

Задача 24. Масова частка Йоду в щитовидній залозі становить 0,12%. Маса щитовидної залози 40 г. Визначити масу йоду, яка міститься в щитовидній залозі.

(Відповідь: 0,048 г).

Задача 25. Масова частка кісток людини складає 20% від загальної маси організму. На частку кальцій фосфату $CaPO_4$, що входить до складу кісток припадає 20% від маси кісток. Розрахуйте, яка маса кальцій фосфату та кальцію міститься у людині вагою 57 кг.

(Відповідь: 2,28 кг $Ca_3(PO_4)_2$; 0,866 кг Ca).

Задача 26. В 100 г кураги міститься 2,034 г Калію. Скільки кураги необхідно спожити, щоб забезпечити добову норму Калію (3000 мг)?

(Відповідь: 147 г).

Задача 27. В одному шматку білого пшеничного хліба міститься 0,8 мг Феруму. Скільки шматків потрібно споживати у день для забезпечення добової потреби у даному елементі (2 мг)?

(Відповідь: 2,5).

Задача 28. Добова потреба людини у Фосфорі становить 1 г. Вміст фосфору в продуктах харчування (мг/100 г продукту): у квасолі – 504, в яйцях – 470, у м'ясі – 140 мг. Яку масу кожного продукту потрібно ввести в раціон, щоб забезпечити добову потребу організму у Фосфорі?

(Відповідь: 189 г квасолі; 213 г яєць; 714 г м'яса).

Задача 29. Фтор надходить в організм людини з водою та продуктами харчування. У деяких районах вміст Фтору в питній воді становить 2 мг/л.

Розрахуйте масу Фтору, що надходить в організм людини щодня, якщо він вживає 2 л води на добу.

(Відповідь: 4 мг).

Задача 30. У людському організмі міститься приблизно 25 мг Йоду. Половина всієї кількості Йоду знаходиться в щитовидній залозі. Підрахуйте, скільки атомів Йоду знаходиться в: а) щитовидній залозі; б) людському організмі в цілому?

(Відповідь: а) $5,9 \cdot 10^{22}$; б) $1,18 \cdot 10^{23}$ атомів).

Задача 31. Літій підвищує імунітет людини, сприяє зниженню збудливості нервової системи. Літій цитрат проявляє загальні для всіх препаратів літію седативні властивості і має наступний склад: 34,286% (C), 2,381% (H), 53,333% (O) та 10% (Li). Відносна молекулярна маса цієї сполуки 210 г/моль; визначте її молекулярну формулу.

(Відповідь: $Li_3C_6H_5O_7$).

Задача 32. У орла вміст Селену в сітківці ока в 100 разів більше, ніж у людини. Добова потреба організму людини в Селені становить 50 мкг. Обчисліть, скільки фісташок необхідно споживати щодоби, щоб забезпечити добову потребу організму людини в Селені, якщо в 100 г фісташок міститься 0,45 мг Селену.

(Відповідь: 11,1 г).

Задача 33. Оксид C_xO_y бере участь в процесі дихання, збудженні дихального центру в мозку людини. Встановіть його формулу, якщо відомо, що масова частка Карбону дорівнює 27,3%, а Оксигену – 72,7%.

(Відповідь: CO_2).

Задача 34. Добова потреба у Кальції для дітей віком від 4 до 7 років складає приблизно 900 мг на добу. Вміст Кальцію в продуктах харчування (мг/100г продукту): в сметані – 150, в сирі – 120, в маслі – 34 мг. У якій масі кожного з молочних продуктів міститься 900 мг Кальцію?

(Відповідь: 600 г сметани; 750 г сиру; 2,6 кг масла).

Задача 35. В 100 г кавуна міститься 224 мг Магнію. Скільки кавуна необхідно споживати, щоб забезпечити добову потребу організму в Магнії (300 мг/добу)?

(Відповідь: 134 г).

Задача 36. В організмі людини в середньому міститься 5 л крові, щільність якої становить $1,050 \text{ г/см}^3$. Скільки грамів Феруму міститься в крові людини, якщо масова частка гемоглобіну становить 12%, а масова частка Феруму в гемоглобіні становить 5%?

(Відповідь: 31,5 г).

Задача 37. Людина за добу поглинає з їжею 3 мг Купруму, з яких засвоюється лише 30%. Скільки атомів Купруму міститься в організмі людини кожного дня?

(Відповідь: $8,54 \cdot 10^{18}$).

Задача 38. Кров людини містить 60% плазми і 40% клітин крові. Знайдіть масову частку води у крові, якщо її масова частка у плазмі дорівнює 92%, а у клітинах – 64%.

(Відповідь: 80,2%).

Задача 39. ГДК (гранично допустима концентрація) Феруму в питній воді – 0,3 мг/л. Розрахуйте, скільки структурних одиниць Феруму потрапляє в організм людини зі склянкою води (200 см^3) за умови максимально дозволеної концентрації у ній Феруму.

(Відповідь: $6,44 \cdot 10^{17}$).

3 рівень

Задача 40. Добова потреба людини в Кальції становить 1 г. Цю потребу можна частково задовольнити за рахунок маку. В 100 г маку міститься майже 1,5 г Кальцію. Скільки грам маку містить добову потребу людини в Кальції?

(Відповідь: 67 г).

Задача 41. Надходження до організму в надмірних кількостях Арсену призводить до мутацій ДНК людини. Смертельною дозою для людини є потрапляння всередину організму 0,2 г Арсену. Визначте масу Арсену, що відповідає 1,34 г AsCl_3 . Чи є дана кількість Арсену небезпечною?

(Відповідь: 0,6 г; так).

Задача 42. Людина містить приблизно 2 г Сульфору на 1 кг своєї ваги. Знайдіть масу Сульфору в організмі людини з масою 74 кг.

(Відповідь: 148 г).

Задача 43. Деякі тварини, що мешкають на засушливих територіях, використовують метаболічну воду, яка утворюється при біохімічних реакціях в організмі. З жиру масою 100 г утворюється побічна вода кількістю речовини 6 моль. Розрахуйте масу води, що утворюється з даної кількості жиру.

(Відповідь: 108 г).

Задача 44. Глюкоза підвищує діяльність серцевого м'яза, розширює судини. Масова частка глюкози в меді становить приблизно 32%. Визначте, скільки грам Карбону міститься в 100 г медового напою, якщо він містить 63,6 г меду.

(Відповідь: 8 г).

Задача 45. Розчини калій хлорату (KClO_3) застосовують в медичній практиці як слабкий антисептик для полоскання горла. Розрахуйте кількість атомів Хлору у даній сполуці масою 7 г.

(Відповідь: $3,4 \cdot 10^{22}$).

Задача 46. Магній є фізіологічним регулятором клітинного росту людини. Магній використовується у кардіології, неврології та гастроентерології у вигляді сполук магній сульфату MgSO_4 та магній ацетату $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Визначте вміст Магнію в зазначених сполуках.

(Відповідь: 20%; 17%).

Задача 47. Елемент Кальцій в організмі людини забезпечує функціонування м'язової та нервової систем. Яка маса Фосфору міститься в рибі, якщо в ній стільки ж атомів, скільки їх міститься в Кальції масою 90 мг?

(Відповідь: 69,7 мг).

Задача 48. Алюміній входить до складу тканин людини. У денному раціоні людини вміст Алюмінію повинен досягати 40 мг. В яловичині міститься 72 мг Алюмінію на 100 г сухої речовини. Скільки грам яловичини відповідає добовій нормі людини по вмісту Алюмінію? Вміст вологи у м'ясі прийняти 70%.

(Відповідь: 185 г).

Задача 49. Оксигенація (насиченням киснем) організму сприяє нормалізації ряду обмінних та рефлексорних процесів. Обчисліть об'єм кисню, необхідний для сеансу оксигенації, якщо необхідно використати 150 г кисню.

(Відповідь: 105 л).

Задача 50. В організмі дорослої людини міститься близько 25 г Магнію. Основна його частина знаходиться в кістках, а також в м'язах, мозку, серці, печінці та нирках. Скільки атомів Магнію міститься в організмі людини?

(Відповідь: $6,26 \cdot 10^{23}$).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №2

КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

Тема 1. Склад комплексних сполук

Комплексні або координаційні сполуки – це частинки (нейтральні молекули або йони), які утворюються в результаті приєднання до комплексоутворювача, нейтральних молекул або інших йонів.

За зарядом внутрішньої координаційної сфери розрізняють:

1) КС з комплексним катіоном: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{ClO}_4$, $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$.

2) КС з комплексним аніоном: $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$, $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$, $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Br}_5]$.

3) КС рґентум омний у : $\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3$, $\text{Ni}(\text{CO})_4$, $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Br}_2$.

Згідно систематичної номенклатури назви комплексних сполук утворюють наступним чином (рґен.1):

Таблиця 1.

Назви комплексних сполук за систематичною номенклатурою

Комплексна сполука	Приклад	Назва за систематичною номенклатурою
КС з комплексним катіоном	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{ClO}_4$	діамінарґентум (I) перхлорат
КС з комплексним аніоном	$\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$	калій гексахлороплатинат (IV)
КС рґентум омний у	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$	триамінтрихлоркобальт

Приклад 1.1. Дайте назву комплексним сполукам:

Дано	Відповідь
1) $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ 2) $\text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ 3) $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ 4) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 5) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ 6) $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6] \text{SO}_4$ 7) $[\text{Al}_2\text{Cl}_6]$ 8) $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ 9) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Br}_2]$	1. У сполуках з <i>комплексними аніонами</i> спочатку називають катіон, потім перелічують ліганди і вказують центральний атом із закінченням – <i>ат</i> . 2. У сполуках з <i>комплексними катіонами</i> спочатку називають комплексний катіон, а потім – аніон: 3. У нейтральних комплексах без зовнішньої сфери центральний атом представляють у називному відмінку, ступінь окиснення центрального атома не вказують, оскільки його однозначно можна визначити з електронейтральності комплексу. <i>Отже, одержимо наступне:</i> 1) калій тетраїодмеркурат (II) 2) гідроген гексагідроксистибіат (V) 3) натрій диціаноарґентат (II) 4) тетраамінокупрум (II) сульфат

- 5) гексаакваферум (III) хлорид
- 6) гексааквамangan (II) сульфат
- 7) гексахлор алюміній
- 8) тетракарбоніл нікелю
- 9) діаміндибром платина

Приклад 1.2. Розгляньте будову комплексних сполук, визначте внутрішню і зовнішню сфери. Означте ліганди і комплексоутворювач в наступних комплексних сполуках:

Дано	Відповідь
1) $K_4[Fe(CN)_6]$ 2) $[Cu(H_2O)_4]Cl_2$ 3) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$	Будь-яка комплексна сполука складається із зовнішньої і внутрішньої сфер. Причому внутрішня сфера в комплексній сполуці є завжди, зовнішня сфера може бути відсутня. Внутрішню сферу комплексної сполуки утворюють комплексоутворювач і ліганди. Внутрішня сфера комплексу завжди відокремлюється квадратними дужками. Йони, що знаходяться за квадратними дужками представляють зовнішню сферу комплексної сполуки. <i>Отже, одержимо наступне:</i> 3 $K_4[Fe(CN)_6]$: Зовнішня сфера – 4 йона Калію K^+. Внутрішня сфера – катіон Феруму Fe^{4+} та ціанід-іони: $[Fe(CN)_6]^{4-}$. 2) $[Cu(H_2O)_4]Cl_2$ Зовнішня сфера – 2 йона Хлора Cl^-. Внутрішня сфера – катіон Купруму Cu^{2+} і 4 молекули води: $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$. 3) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ У даній комплексній сполуці зовнішня сфера відсутня, так як всі складові частинки, що утворюють комплексну сполуку, містяться у внутрішній сфері.

Приклад 1.3. Визначте координаційне число в представлених координаційних сполуках та ступінь окиснення. Зазначте заряд внутрішньої координаційної сфери:

Дано	Відповідь
1) $K[CuCl_2]$ 2) $[Ag(NH_3)_2]Cl$ 3) $K_2[HgI_4]$ 4) $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$ 5) $K_3[CoF_6]$ 6) $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$	Координаційне число визначається числом місць у просторі, які може надавати комплексоутворювач для приєднання лігандів. Іншими словами, координаційне число відповідає числу хімічних зв'язків між комплексоутворювачем і лігандами. Для більшості комплексних сполук (майже 95 %) координаційне число дорівнює 4 або 6. Часто координаційне число для йонів відповідає подвійному ступеню окиснення комплексоутворювача.
<i>Отже, одержимо наступне:</i>	
Ступінь окиснення	Приклад
	Координаційне число

комплексоутворювача	комплексної сполуки	
⁺ 1	K[CuCl ₂]	2
⁺ 1	[Ag(NH ₃) ₂] ⁺ Cl ⁻	2
⁺ 2	K ₂ [HgI ₄]	4
⁺ 2	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ Cl ₂ ⁻	4
⁺ 3	K ₃ [CoF ₆]	6
⁺ 3	[Cr(NH ₃) ₆] ³⁺ Cl ₃ ⁻	6
Внутрішню координаційну сферу комплексної сполуки складають комплексоутворювач разом з лігандами, які приєдналися відповідно до координаційного числа комплексоутворювача. Внутрішню координаційну сферу позначають у квадратних дужках. Вона може бути нейтральною або мати певний позитивний чи негативний заряд. Заряд внутрішньої координаційної сфери визначається сумою зарядів комплексоутворювача й усіх лігандів. Заряд внутрішньої координаційної сфери дорівнює сумарному заряду всіх іонів зовнішньої сфери, взятому з протилежним знаком. Коли ліганди є нейтральними молекулами, заряд внутрішньої координаційної сфери збігається із зарядом комплексоутворювача. Якщо внутрішня координаційна сфера має негативний заряд, комплекс виявляє аніонний характер, якщо позитивний — катіонний, якщо нейтральний — комплекс є неелектролітом.		
Отже, одержимо наступне:		
Приклад комплексної сполуки	Внутрішня координаційна сфера	Заряд внутрішньої координаційної сфери
K[CuCl ₂]	[CuCl ₂] ⁻	1 ⁻
[Ag(NH ₃) ₂] ⁺ Cl ⁻	[Ag(NH ₃) ₂] ⁺	1 ⁺
K ₂ [HgI ₄]	[HgI ₄] ²⁻	2 ⁻
[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ Cl ₂ ⁻	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺	2 ⁺
K ₃ [CoF ₆]	[CoF ₆] ³⁻	3 ⁻
[Cr(NH ₃) ₆] ³⁺ Cl ₃ ⁻	[Cr(NH ₃) ₆] ³⁺	3 ⁺

Тема 2. Визначення концентрації йона в розчині комплексної сполуки

Концентрація йона в розчині комплексної сполуки визначається виходячи з виразу для константи нестійкості комплексного йона. Наприклад, вираз для константи нестійкості комплексного йона [Cu(NH₃)₄]²⁺:

$$K_H [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = \frac{[\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3]^4}{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}}, \text{ звідси}$$

$$[Cu^{2+}] = \frac{K_H([Cu(NH_3)_4]^{2+} \cdot [Cu(NH_3)_4]^{2+})}{[NH_3]^4};$$

$$[NH_3]^4 = \frac{K_H([Cu(NH_3)_4]^{2+} \cdot [Cu(NH_3)_4]^{2+})}{[Cu]^{2+}};$$

Молярна концентрація – це відношення кількості розчиненої речовини до об'єму розчину V (у літрах):

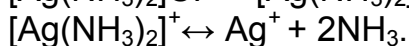
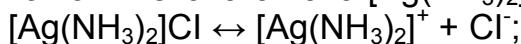
$$C_m = \frac{g}{V} \quad (2.2)$$

Приклад 2.1 У чистому вигляді і у концентрованих розчинах р'єнтум омний (I) хлорид використовують для припікання тканин. Визначте концентрацію йона Аргентума в 0,1 М розчині $[Ag(NH_3)_2]Cl$, що містить в 1 л розчину 0,1 моль NH_3 .

$[Ag^+] - ?$

$C_m([Ag(NH_3)_2]Cl) = 0,1M$
 $K_H[Ag(NH_3)_2]^+ = 9,3 \cdot 10^{-8}$
 $V([Ag(NH_3)_2]Cl) = 1л$
 $g(NH_3) = 0,1моль$

Рівняння дисоціації р'єнтум омний (I) хлориду та комплексного йона $[Ag(NH_3)_2]^+$ матиме вигляд:



Концентрацію аміаку в розчині розраховуємо за формулою: $C_m = \frac{g}{V}$;

$$C_m(NH_3) = \frac{g(NH_3)}{V([Ag(NH_3)_2]Cl)} = \frac{0,1моль}{1л} = 0,1моль/л.$$

Йонізація комплексного йону $[Ag(NH_3)_2]^+$ в розчині аміаку пригнічується. Тому, як і у випадку йонізації слабких електролітів концентрації $[Ag(NH_3)_2]^+$ і $[NH_3]$ рівні їх вихідним концентраціям в розчині:

$$[NH_3] = [Ag(NH_3)_2]^+ = 0,1моль.$$

Концентрацію $[Ag]^+$ обчислюємо за формулою:

$$K_H[Ag(NH_3)_2]^+ = \frac{[Ag^{2+}] \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+}, \text{ звідси}$$

$$[Ag^+] = \frac{K_H[Ag(NH_3)_2] \cdot [Ag(NH_3)_2]^+}{[NH_3]^2};$$

$$[Ag^+] = \frac{9,3 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1}{(0,1)^2} = \frac{9,3 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 10^{-1}}{1 \cdot 10^{-2}} = 9,3 \cdot 10^{-7}.$$

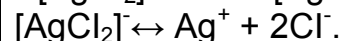
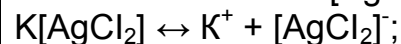
Відповідь: $[Ag^+] = 9,3 \cdot 10^{-7}$.

Приклад 2.2 Калій дихлороаргентат використовують в медицині для припікання ран. Обчисліть концентрацію Ag^+ та Cl^- в 1 М розчині $K[AgCl_2]$.

$[Ag^+] - ?$ $[Cl^-] - ?$

$C_m(K[AgCl_2]) = 1M$
 $K_H[AgCl_2]^- = 2,3 \cdot 10^{-6}$

Запишемо рівняння дисоціації $K[AgCl_2]$ та комплексного йона $[AgCl_2]^-$:



За рівняннями дисоціації:

$$C_m([AgCl_2]^-) = C_m(K[AgCl_2]) = 1 \text{ моль/л.}$$

Запишемо вираз для константи нестійкості

комплексного йона $[AgCl_2]^-$:

$$K_H [AgCl_2]^- = \frac{[Ag^+] \cdot [Cl^-]^2}{[AgCl_2]^-}$$

Нехай концентрація $[Ag^+] = x$, тоді $[Cl^-] = 2x$.

$$\text{Отже, } 2,3 \cdot 10^{-6} = \frac{x \cdot (2x)^2}{1}; x \cdot (2x)^2 = 2,3 \cdot 10^{-6};$$

$$4x^3 = 2,3 \cdot 10^{-6}; x = 8,31 \cdot 10^{-3}; 2x = 2 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 1,66 \cdot 10^{-2}.$$

$$\text{Відповідь: } [Ag^+] = 8,31 \cdot 10^{-3}; [Cl^-] = 1,66 \cdot 10^{-2}.$$

Приклад 2.7 Комплексна сіль $K_2[Hg(CNS)_4]$ входить до складу лікарського препарату – цитоколіну. Концентрація йону Hg^{2+} в комплексній сполуці $K_2[Hg(CNS)_4]$ становить $2,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Обчисліть зміну концентрації комплексоутворювача при додаванні розчину KCNS об'ємом 0,85 л з концентрацією 0,30 моль/л до 0,4 л 0,5 М вихідного розчину комплексної сполуки.

$$[Hg^{2+}]_{\text{пре.}} / [Hg^{2+}]_{\text{кін.}} - ?$$

$$[Hg^{2+}] = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

$$C_M(KCNS) = 0,30 \text{ моль/л}$$

$$V(KCNS) = 0,85 \text{ л}$$

$$V(K_2[Hg(CNS)_4]) = 0,4 \text{ л}$$

$$C_M(K_2[Hg(CNS)_4]) = 0,5 \text{ М}$$

$$K_H[Hg(CNS)_4]^{2-} = 1,3 \cdot 10^{-22}$$

Введення в розчин комплексної речовини $K_2[Hg(CNS)_4]$ калій роданіду приводить до збільшення загального об'єму розчину і до зменшення концентрації комплексного йона і речовини KCNS.

Знайдемо зальний об'єм розчину:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{р-ну компл. спол.}} + V_{\text{р-ну KCNS}} = 0,40 + 0,85 = 1,25 \text{ л}$$

Кількість речовини $K_2[Hg(CNS)_4]$ і KCNS (а отже і CNS^-) обчислюємо за формулою: $C_M = \frac{g}{V}$, звідси $g =$

$$C_M \cdot V,$$

$$g(KCNS) = C_M(KCNS) \cdot V(KCNS) = 0,85 \text{ л} \cdot 0,30 \text{ моль/л} = 0,255 \text{ моль}; g(KCNS) = g(CNS^-) = 0,255 \text{ моль}$$

$$g(K_2[Hg(CNS)_4]) = C_M(K_2[Hg(CNS)_4]) \cdot V(K_2[Hg(CNS)_4]) = 0,4 \text{ л} \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 0,2 \text{ моль}$$

$$g(K_2[Hg(CNS)_4]) = g[Hg(CNS)_4]^{2-} = 0,2 \text{ моль}$$

Концентрацію $[Hg(CNS)_4]^{2-}$ розраховуємо за формулою:

$$C_M = \frac{g}{V}; C_M([Hg(CNS)_4]^{2-}) = \frac{g([Hg(CNS)_4]^{2-})}{V_{\text{заг.}}} = \frac{0,2 \text{ моль}}{1,25 \text{ л}} =$$

$$= 0,16 \text{ моль/л}$$

Концентрація $[CNS^-]$ у розчині після змішування становить:

$$C_M([CNS^-]) = \frac{g[CNS^-]}{V_{\text{заг.}}} = \frac{0,255 \text{ моль}}{1,25 \text{ л}} = 0,204 \text{ моль/л}.$$

Надмірна кількість йонів CNS^- , що утворюється при дисоціації $KCNS \leftrightarrow K^+ + CNS^-$ суттєво зміщує рівновагу комплексу $[Hg(CNS)_4]^{2-}$ у бік зворотної реакції, тому концентрацією йонів CNS^- , що утворилися внаслідок дисоціації комплексу, можна

знехтувати і вважати, що загальна концентрація $[CNS^-] = 0,204$ моль/л.

Підставивши ці значення у вираз K_H , одержимо концентрацію $[Hg^{2+}]$ в умовах надлишку йонів CNS^- :

$$K_H [Hg(CNS)_4]^{2-} = \frac{[Hg^{2+}] \cdot [CNS^-]^4}{[Hg(CNS)_4]^{2-}};$$

$$[Hg^{2+}] = \frac{K_H [Hg(CNS)_4]^{2-} \cdot [CNS^-]^4}{[Hg(CNS)_4]^{2-}};$$

$$[Hg^{2+}] = \frac{1,3 \cdot 10^{-22} \cdot 0,16}{(0,204)^4} = \frac{0,2 \cdot 10^{-18}}{1,73 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \cdot 10^{-24}.$$

Таким чином, при додаванні до 0,4 л 0,5 М розчину $K_2[Hg(CNS)_4]$ (в якому концентрація $[Hg^{2+}]$ складала $2,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л) 0,85 л 0,3 М розчину $KCNS$ концентрація набула значення $1,1 \cdot 10^{-24}$, тобто зменшилась у $2,4 \cdot 10^{-5} / 1,1 \cdot 10^{-24} = 2,2 \cdot 10^{19}$ разів.

Відповідь: зменшиться у $2,2 \cdot 10^{19}$ разів.

Приклад 2.3 Тетраамінкупрат (II) йон входить до складу антисептичної присипки. Маємо 0,025 М розчин $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$. Якою буде концентрація йона Купруму (II), якщо концентрація амоніаку 0,5 моль/л? Якою має бути концентрація амоніаку, щоб концентрація йону Cu^{2+} не перевищувала 10^{-15} моль/л?

$[Cu^{2+}] - ?$ $[NH_3] - ?$

$C_m([Cu(NH_3)_4]^{2+}) = 0,025$ М

$[NH_3] = 0,5$ моль/л

$[Cu^{2+}] \leq 10^{-15}$ моль/л

Комплекс $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ дисоціює на йони:
 $[Cu(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Cu^{2+} + 4NH_3$

Концентрацію $[Cu^{2+}]$ і $[NH_3]$ розраховуємо за формулою:

$$K_H [Cu(NH_3)_4]^{2+} = \frac{[Cu^{2+}] \cdot [NH_3]^4}{[Cu(NH_3)_4]^{2+}}, \text{ звідси}$$

$$[Cu^{2+}] = \frac{K_H [Cu(NH_3)_4]^{2+} \cdot [Cu(NH_3)_4]^{2+}}{[NH_3]^4};$$

$$[Cu^{2+}] = \frac{9,33 \cdot 10^{-13} \cdot 0,025}{(0,5)^4} = 3,7 \cdot 10^{-13};$$

$$[NH_3]^4 = \frac{K_H [Cu(NH_3)_4]^{2+} \cdot [Cu(NH_3)_4]^{2+}}{[Cu]^{2+}};$$

$$[NH_3]^4 = \frac{9,33 \cdot 10^{-13} \cdot 0,025}{10^{-15}} = 23,25.$$

Відповідь: $[Cu^{2+}] = 3,7 \cdot 10^{-13}$; $[NH_3] = 23,25$.

Приклад 2.4 Реактив Несслера ($K_2[HgI_4]$) використовують в медицині як проносне. Розрахуйте концентрацію Hg^{2+} у 0,1 л 0,01 М розчині $K_2[HgI_4]$, в якому розчинено 5г NaI ? $K_H[HgI_4]^{2-} = 1,38 \cdot 10^{-30}$.

$[Hg^{2+}] - ?$

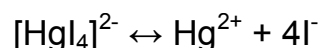
$C_m(K_2[HgI_4]) = 0,01$ моль/л

Рівняння дисоціації $K_2[HgI_4]$ та комплексного йона
 $[HgI_4]^{2-}$ матиме вигляд: $K_2[HgI_4] \leftrightarrow K^+ + [HgI_4]^{2-}$

$$V(K_2[HgI_4]) = 0,1 \text{ л}$$

$$K_H[HgI_4]^{2-} = 1,38 \cdot 10^{-30}$$

$$m(NaI) = 5 \text{ г}$$



Кількість речовини $K_2[HgI_4]$ розраховуємо за формулою: $C_M = \frac{g}{V}$, звідси

$$g(K_2[HgI_4]) = V(K_2[HgI_4]) \cdot C_M(K_2[HgI_4]) = 0,1 \text{ л} \cdot 0,01 \text{ моль/л} = 0,001 \text{ моль}$$

$$g(K_2[HgI_4]) = g([HgI_4]^{2-}) = 0,001 \text{ моль}$$

Концентрацію $[HgI_4]^{2-}$ обчислюємо за формулою:

$$[HgI_4]^{2-} = \frac{g([HgI_4]^{2-})}{V(K_2[HgI_4])} = \frac{0,001 \text{ моль}}{0,1 \text{ л}} = 0,001 \text{ моль/л.}$$

Кількість речовини NaI розраховуємо за формулою: $g = \frac{m}{M}$, де $M(NaI) = 150 \text{ г/моль}$.

$$g(NaI) = \frac{m(NaI)}{M(NaI)} = \frac{5 \text{ г}}{150 \text{ г/моль}} = 0,033 \text{ моль.}$$

Запишемо вираз для константи нестійкості комплексного йона $[HgI_4]^{2-}$:

$$K_H[HgI_4]^{2-} = \frac{[Hg^{2+}] \cdot [I^-]^4}{[HgI_4]^{2-}}, \text{ звідси}$$

$$[Hg^{2+}] = \frac{K_H([HgI_4]^{2-}) \cdot [HgI_4]^{2-}}{[I^-]^4}.$$

$$[Hg^{2+}] = \frac{1,38 \cdot 10^{-30} \cdot 0,01}{(0,033)^4} = \frac{1,38 \cdot 10^{-28}}{1,1 \cdot 10^{-6}} = 1,25 \cdot 10^{-22}.$$

$$\text{Відповідь: } [Hg^{2+}] = 1,25 \cdot 10^{-22}.$$

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1 рівень

Вправа 1. Дайте назву зазначеним комплексним сполукам:

Дано	Відповідь
1) $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$	1) р'єнтум омний (III) хлорид
2) $Na_3[AlF_6]$	2) натрій гексафторалюмінат (III)
3) $K_4[Fe(CN)_6]$	3) калій гексаціаноферрат (II)
4) $Na[Al(OH)_4(H_2O_2)]$	4) натрій діакватетрагідрооксоалюмінат (III)
5) $K_2[HgI_4]$	5) калій тетраїодидміркурат (II)
6) $[Cu(NCS)_2(NH_3)_2]$	6) дитіоціанатодіаміно купрум

Вправа 2. Дайте назву комплексним йонам:

Дано	Відповідь
1) $[Zn(OH)_4]^{2-}$	1) тетрагідроксоцинкат (II) йон
2) $[Ag(NH_3)_2]^+$	2) катіон діамінар'єнтум (I)
3) $[Cu(CN)_4]^-$	3) диціанокупрат (I) йон

Вправа 3. Із зазначених формул виділіть бідентантні ліганди:

Дано	Відповідь
1) $(C_2O_4)^{2-}$ 2) $(CN)^-$ 3) (NH_3) 4) (H_2O) 5) $(NO_2)^-$ 6) $(P_2O_7)^{4-}$	1) $(C_2O_4)^{2-}$

Вправа 4. Дайте назву комплексним катіонам:

Дано	Відповідь
1) $[Ag(NH_3)_2]^+$ 2) $[Cr_2(NH_3)_9(OH)_2]^{3+}$ 3) $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$ 4) $[Hg_2(H_2O)_2]^{2+}$	1) катіон діамінаргентум (I) 2) катіон дигідроксоноамінохром (III) 3) катіон гексааквамangan (II) 4) катіон діаквамеркурій (I)

Вправа 5. Розгляньте будову комплексних сполук. Охарактеризуйте внутрішню сферу. Дайте назву за систематичною номенклатурою:

Дано	Відповідь
1) $[Fe(H_2O)_6]Cl_3$ 2) $[Cu(NCS)_2(NH_3)_2]$ 3) $[Cr(NH_3)_9(OH)_2]Cl_4$ 4) $K_3[AlF_6]$ 5) $Na[Ag(CN)_2]$ 6) $Ni(CO)_4$ 7) $Co(CO)_8$	1) гексаакваферум (III) хлорид 2) дитіоціанатодіамінокупрум 3) дигідроксоноаамінохром (III) хлорид 4) калій гексафторалюмінат (III) 5) натрій диціаноаргенат (I) 6) тетракарбоніл нікелю 7) октакарбоніл кобальт

Вправа 6. Визначте ступінь окиснення центрального атома у координаційних сполуках:

Дано	Відповідь
1) $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$ 2) $[Cu(NCS)_2(NH_3)_2]$ 3) $[Cr(H_2O)_6]Br_2$ 4) $[Co(NH_3)_4(NO)Cl]NO_3$	1) +3 2) +2 3) +2 4) +1

Вправа 7. Визначте координаційне число центрального атома Me у наступних комплексних сполуках:

Дано	Відповідь
1) $K_4[Fe(CN)_6]$ 2) $Na_3[Co(NO)_6]$ 3) $K_2[PtBr_6]$ 4) $[PtCl_2(NH_3)_2]$	1) 4 2) 6 3) 8 4) 4

Вправа 8. Вкажіть брутто-формули комплексних сполук згідно представлених назв:

Дано	Відповідь
1) тетраамінокупрум (II) сульфат	1) $[Cu(NH_3)_4] SO_4$

2) калій гексаціаноферрат (III)	2) $K_3[Fe(CN)_6]$
3) пентакарбоніл феруму	3) $Fe(CO)_5$
4) калій гексахлорплатинат (IV)	4) $K_2[Pt(Cl)_6]$
5) діаміндибром платина	5) $[Pt(NH_3)_2Br_2]$
6) цезій дифлуоротетраціаноплатинат (IV)	6) $Cs_2[Pt(CN)_4F_2]$
7) гексааква ферум (III) хлорид	7) $[Fe(H_2O)_6]Cl_3$
8) тетраамін купрум (II) сульфат	8) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$

Вправа 9. Визначте ступені окиснення центрального атома у координаційних сполуках та заряд внутрішньої сфери:

Дано	Відповідь	
	Ступінь окиснення центрального атома	Заряд внутрішньої координаційної сфери
1) $Na_2[Zn(CN)_4]$	1) +2	1) 2^-
2) $Zn_2[Fe(CN)_6]$	2) +4	2) 2^-
3) $K_3[Fe(CN)_6]$	3) +3	3) 3^-
4) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$	4) +2	4) нейтральна КС
5) $[Co(H_2O)_3Cl_3]$	5) +3	5) нейтральна КС
6) $[Al(H_2O)_6]Cl_3$	6) +3	6) 3^+
7) $Na_3[Co(NO_2)_6]$	7) +3	7) 3^-
8) $K_2[Hg(NCS)_4]$	8) +2	8) 2^-
9) $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$	9) +1	9) 3^-
10) $K[Al(OH)_4(H_2O)_2]$	10) +3	10) -

Вправа 10. Вкажіть типи хімічних реакцій, в результаті яких утворено зазначені комплексні сполуки:

Дано	Відповідь
$CuSO_4 + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4]SO_4$	реакція сполучення
$Zn + 2Na[Au(CN)_2] = 2Au + Na_2[Zn(CN)_4]$	реакція заміщення
$ZnCl_2 + K_4[Fe(CN)_6] = Zn_2[Fe(CN)_6] + 4KCl$	реакція обміну

Вправа 11. Розгляньте представлені комплексні сполуки. Визначте внутрішню і зовнішню сфери, ліганди і комплексоутворювачі:

Дано	Відповідь			
	Внутрішня сфера	Зовнішня сфера	Ліганди	Комплексоутворювач
$K_4[Fe(CN)_6]$	$[Fe(CN)_6]^{4-}$	4 йона Калію K^+	6 ціанід-іона CN^-	катіон Феруму Fe^{2+}
$[Cu(H_2O)_4]Cl_2$	$[Cu(H_2O)_4]^{2+}$	2 йона Хлору Cl^-	4 молекули H_2O	катіон Купруму Cu^{2+}
$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$	$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$	—	2 йона Хлору Cl^- 2 молекули амоніаку NH_3	катіон Платини Pt^{2+}

Вправа 12. Розгляньте представлені комплексні сполуки. Визначте ліганди і комплексоутворювач в представлених комплексних йонах:

Дано	Відповідь	
Комплексна сполука	Ліганди	Комплексоутворювачі
$[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$	4 гідроксид-іона $(\text{OH})^-$ 2 молекули (H_2O)	катион Алюмінію Al^{3+}
$[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$	2 роданід йона $(\text{SCN})^-$	катион Аргентуму Ag^+
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	6 ціанід-йонів $(\text{CN})^-$	катион Феруму Fe^{3+}
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$	2 молекули амонію (NH_3)	катион Купруму Cu^{2+}

Вправа 13. Розгляньте представлені комплексні сполуки. Визначте ступені окиснення комплексоутворювача, заряд лігандів та йонів зовнішньої сфери в наступних сполуках:

Дано	Відповідь		
Комплексна сполука	Ступінь окиснення комплексоутворювача	Заряд лігандів	Заряд йонів зовнішньої сфери
$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	+3	6 NO_2^-	3 Na^+
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_2]$	+2	2 NH_3 2 H_2O 2 Cl^-	–
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}]\text{Cl}_2$	+3	Cl^- 4 H_2O	2 Cl^-
$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$	+2	4 H_2O	SO_4^{2-}
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	+3	6 CN^-	3 K^+

Вправа 14. Визначте координаційне число комплексоутворювача і дентантність лігандів у сполуках:

Дано	Відповідь	
Комплексна сполука	Координаційне число комплексоутворювача	Дентантність лігандів
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$	2	моно –
$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_2]\text{SO}_4$	4	моно – моно –
$\text{K}_2[\text{Os}(\text{SO}_4)_2\text{Cl}_2]$	4	моно – бі –
$[\text{Fe}(\text{CO})_2\text{NO}]_2\text{Cl}_2$	6	моно –

Вправа 15. Дайте назву комплексним сполукам за систематичною номенклатурою:

Дано	Відповідь
Комплексна сполука	Назва за систематичною номенклатурою

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	тетраамінкупрум (II) сульфат
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	калій гексаціаноферрат (III)
$[\text{Cr}(\text{CO})_6]$	гексакарбоніл хрому
$\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$	гідроген гексахлороплатинат (IV)
$\text{Ba}[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{NCS})_4]$	барій тетраціанодіамінохромат (II);
$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$	діамінодихлор платина

Вправа 16. Запишіть рівняння дисоціації вказаних комплексних сполук:

Дано	Відповідь
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \Rightarrow \text{Ag} + 2\text{NH}_3 + \text{OH}$
$\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$	$\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] \Rightarrow 2\text{Na} + \text{Be} + 4\text{OH}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4]\text{Br}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4]\text{Br} \Rightarrow \text{Co} + 4\text{NH}_3 + \text{SO}_4 + \text{Br}$
$[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_2]$	$[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_2] \Rightarrow \text{Pt} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}$

Вправа 17. Складіть назву для представлених координаційних сполук за систематичною номенклатурою. Визначте координаційне число комплексоутворювача й дентантність лігандів.

Дано	Відповідь		
Комплексна сполука	Назва за систематичною номенклатурою	Координаційне число	Дентантність лігандів
$\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$	калій диціаноаргентат (I)	2	моно –
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$	гексааквахром (III) хлорид	6	моно –

Вправа 18. За представленими назвами комплексних сполук складіть брутто формули:

Дано	Відповідь
Назва за систематичною номенклатурою	Брутто-формула
хлор тетрааквадіамінхромат (III)	$\text{Cl}_3[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_4]$
хлор гексаамінхромат (III)	$\text{Cl}_3[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]$
пентахлорамінхромат (III) калій	$[\text{Cr}(\text{NH}_3)\text{Cl}_5]\text{K}_2$
трихлораквадіамінхром	$[\text{Cr}(\text{Cl})_3\text{H}_2\text{O}(\text{NH}_3)_2]$
калій тетрахлоракваамінхромат (III)	$\text{K}[\text{Cr}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_4]$

Вправа 19. Зазначте класифікацію комплексних сполук за природою лігандів:

Дано	Відповідь
Комплексні сполуки	Назва
$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	аміакат
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$	аквакомплекс
$\text{K}_3[\text{CrCl}_6]$	галогенідний комплекс
$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$	змішаний комплекс
$\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$	ціанідний комплекс
$\text{Fe}(\text{CO})_5$	карбоніл

Вправа 20. Складіть формули можливих координаційних сполук, якщо відомий комплексоутворювач; координаційне число дорівнює 6; всі ліганди монодентантні.

(Відповідь: Cr^{3+} , NH_3 , H_2O , Cl^- , K^+)

2 рівень

Задача 21. Для лікування захворювань шкіри використовують калій тетраїодомеркурат (II) $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$. Чи утвориться осад меркурій сильфіду при додаванні до 1 л 0,001 М розчину калій тетраїодомеркурату, який містить 0,05 моль калій йодиду KI , такої кількості сульфату йонів, який міститься в 1 л насиченого розчину CdS ? Константа нестійкості йону $[\text{HgI}_4]^{2-} = 2,8 \cdot 10^{-31}$, $\text{ДР}_{\text{CdS}} = 7,9 \cdot 10^{-27}$, $\text{ДР}_{\text{HgS}} = 1,6 \cdot 10^{-52}$.

(Відповідь: осад утвориться).

Задача 22. Натрій тетрагідроксоцинкат $\text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ у складі комбінованих препаратів застосовують як відхаркувальний засіб. Обчисліть концентрацію йонів Zn^{2+} в 1 М розчині $\text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_4]$.

(Відповідь: $1,34 \cdot 10^{-3}$).

Задача 23. Розчин комплексної солі кобальту тетрааміотрихлорид $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ використовують для лікування хронічних атрофічних ринітів. До розчину, що містить 0,2335 г $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$, додали в достатній кількості розчин аргентум нітрату AgNO_3 . Маса осаду аргентум хлориду AgCl , що при цьому утворився, становить 0,143 г. Визначте координаційну формулу солі.

(Відповідь: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$).

Задача 24. В якості антацидного засобу в медичній практиці використовують комплексні сполуки, що містять дигідроксоалюміній-йон $[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+}$. Маємо 0,067 М розчин $[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+}$. Якою буде концентрація йонів Алюмінію, якщо концентрація йонів $[\text{OH}^-]$ 0,3 моль/л? Якою має бути концентрація йонів $[\text{OH}^-]$, щоб концентрація йонів $[\text{Al}^{3+}]$ не перевищувала 10^{-16} моль/л?

(Відповідь: $[\text{Al}^{3+}] = 1,17 \cdot 10^{-11}$; $[\text{OH}^-] = 3,5 \cdot 10^{-4}$).

Задача 25. Комплексний йон тетратіоціаноцинкат $[\text{Zn}(\text{CNS})_4]^{2-}$ входить до складу лікарських препаратів, володіє бактерицидними властивостями. Визначте концентрацію йонів Цинку в 0,57 М розчині $[\text{Zn}(\text{CNS})_4]^{2-}$, якщо концентрація йонів $[\text{CNS}^-]$ 0,9 моль/л. Якою має бути концентрація йонів $[\text{CNS}^-]$, щоб концентрація йонів $[\text{Zn}^{2+}]$ не перевищувала 10^{-3} моль/л.

(Відповідь: $[\text{Zn}^{2+}] = 4,34 \cdot 10^{-2}$, $[\text{CNS}^-] = 2,31$).

Задача 26. Комплексну сіль стронцій тетраціанокупрат $\text{Sr}[\text{Cu}(\text{CN})_4]$ використовують у якості протипухлинного засобу. Напишіть рівняння реакції обміну комплексної сполуки $\text{Sr}[\text{Cu}(\text{CN})_4]$ з розчином Na_2SO_4 об'ємом 0,4 л і концентрацією йонів 0,5 моль/л. Розрахуйте необхідну для реакції масу комплексної сполуки.

(Відповідь: 51,25 г).

Задача 27. Тетраамінокупрат (II) сульфат використовують в медицині для стимуляції дихання. Визначте молярну концентрацію комплексної сполуки $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ об'ємом 0,6 л і масою 3,2 г.

(Відповідь: 0,023 моль/л).

Задача 28. Калій гексаціаноферат (II) є зовнішньо-в'яжучим засобом для зупинки кровотечі при дрібних порізах. Напишіть рівняння реакції обміну

комплексної сполуки $K_4[Fe(CN)_6]$ з $FeCl_3$ об'ємом 0,76 л і концентрацією 1,2 моль/л. Розрахуйте необхідну масу комплексної сполуки.

(Відповідь: 252 г).

Задача 29. Комплексну сіль натрій гексаціанокобальтат $Na_3[Co(CN)_6]$ застосовують у ветеринарній медицині. Розрахуйте масу і молярну концентрацію комплексної сполуки $Na_3[Co(CN)_6]$ об'ємом 0,4 л. Напишіть рівняння реакції взаємодії $Na_3[Co(CN)_6]$ з розчином $FeSO_4$ об'ємом 0,7 л і концентрацією 0,86 моль/л.

(Відповідь: $m = 113,6$ г, $C_m = 1$ моль/л).

Задача 30. Тетрааміноцинк (II) хлорид входить до складу абразивних зубних паст. Концентрація йонів Zn^{2+} в комплексній сполуці $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ становить $1,04 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Обчисліть зміну концентрації комплексоутворювача при додаванні розчину калій аміду KNH_2 об'ємом 0,86 л з концентрацією 0,22 моль/л до 0,37 л 0,7М вихідного розчину комплексної сполуки.

(Відповідь: у 1,33 раз).

Задача 31. В онкології використовують комплексну сіль калій тетраїодкадміат $K_3[CdI_4]$. Концентрація йону Cd^{2+} в комплексній сполуці $K_3[CdI_4]$ становить $2,4 \cdot 10^{-1}$ моль/л. Обчисліть зміну концентрації комплексоутворювача при додаванні розчину аргентум (I) йодиду AgI об'ємом 0,6 л з концентрацією 0,03 моль/л, до 0,27 л 0,9 М вихідного розчину комплексної сполуки.

(Відповідь: у 24 рази).

Задача 32. Комплексна сполука калій тетраціаномеркурят $K_2[Hg(CN)_4]$ входить до складу антацидного засобу, що застосовується при підвищеній кислотності шлункового соку. Напишіть рівняння реакції обміну комплексної сполуки з калій ціанатом KCN , в результаті якої утворюється $K_2[Hg(CN)_4]$. Визначте, в якому напрямку буде протікати процес і чому.

(Відповідь: у напрямку утворення вихідної сполуки).

Задача 33. У якості р'гентум омни при виведенні з організму йонів важких металів у вигляді розчинних комплексів застосовують комплексну сіль тетрааміноцинку нітрат $[Zn(NH_3)_4](NO_3)_2$. Рівновага реакції взаємодії $[Zn(NH_3)_4](NO_3)_2$ з калій гідроксидом KOH зміщена вліво. Напишіть рівняння реакції і визначте, яка з констант нестійкості йонів більша: а) $K_H[Zn(NH_3)_4]^{2+}$; б) $K_H[Zn(OH)_4]^{2-}$.

(Відповідь: а) $K_H[Zn(NH_3)_4]^{2+}$).

Задача 34. Комплексну сіль калій тіосульфатаргентат $K[Ag(S_2O_3)]$ застосовують як десенсибілізуючий протизапальний лікарський засіб. Константа нестійкості $K[Ag(S_2O_3)]$ становить $1,0 \cdot 10^{-18}$. В результаті реакції обміну комплексної сполуки з калій ціанатом KCN утворюється калій диціантаргентат $K[Ag(CN)_2]$; константа нестійкості становить $K_H = 1,0 \cdot 10^{-11}$. Напишіть рівняння реакції і визначте в якому напрямку буде протікати процес і чому?

(Відповідь: у напрямку вихідних речовин).

Задача 35. При виготовленні крапель для носової порожнини при хронічних ринітах у дітей використовують комплексну сполуку діаміноаргентум нітрат $[Ag(NH_3)_2]NO_3$. Константа нестійкості $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ становить $5,89 \cdot 10^{-9}$. В результаті реакції обміну комплексної сполуки з калій тіосульфатом $K_2S_2O_3$ утворюється калій тіосульфатаргентат $K[Ag(S_2O_3)]$; константа нестійкості

складає $1,0 \cdot 10^{-18}$. Напишіть рівняння реакції і визначте, в якому напрямку буде протікати процес і чому?

(Відповідь: у напрямку утворення $K[Ag(S_2O_3)]$).

Задача 36. Комплексні йони тетраціанокабальтат $[Co(CN)_4]^{2-}$, тетраціанокобальтат $[Cd(CN)_4]^{2-}$, тетраціаномеркурят $[Hg(CN)_4]^{2-}$ входять до складу сполук, які використовуються у ветеринарній медицині. Константи нестійкості комплексних йонів: $[Co(CN)_4]^{2-}$, $[Cd(CN)_4]^{2-}$, $[Hg(CN)_4]^{2-}$ відповідно становлять $8 \cdot 10^{-20}$, $7,66 \cdot 10^{-18}$, $3,02 \cdot 10^{-42}$. В якому розчині, що містить ці йони (при рівній молярній концентрації $0,1 \text{ M}$), концентрація йонів CN^- максимальна? (Відповідь: у розчині $[Co(CN)_4]^{2-}$, $[CN^-] = 2,74 \cdot 10^{-4}$).

Задача 37. Комплексні йони триамінокадмій $[Cd(NH_3)_3]^{2+}$, триамінокобальт $[Co(NH_3)_3]^{2+}$, триамінонікель $[Ni(NH_3)_3]^{2+}$ входять до складу сполук, що володіють протизапальною дією. Константи нестійкості комплексних йонів $[Cd(NH_3)_3]^{2+}$, $[Co(NH_3)_3]^{2+}$, $[Ni(NH_3)_3]^{2+}$ відповідно становлять: $5,01 \cdot 10^{-2}$, $1,17 \cdot 10^{-1}$, $2,45 \cdot 10^{-2}$. Молярна концентрація розчинів комплексних сполук $0,2 \text{ моль/л}$. Визначте, в якому розчині концентрація NH_3 найменша.

(Відповідь: в $[Ni(NH_3)_3]^{2+}$, $[NH_3] = 0,11$).

Задача 38. Комплексні сполуки, що містять йони дигідроксохромату $[Cr(OH)_2]^+$ і дигідроксоферрату $[Fe(OH)_2]^+$ використовують як припікаючий засіб після операцій. В розчині якої комплексної сполуки концентрація йонів більше? Молярна концентрація розчинів сполук $0,1 \text{ моль/л}$.

(Відповідь: $[Fe(OH)_2]^+$, $[OH^-] = 6,02 \cdot 10^{-6}$).

Задача 39. Для дезінфекції приміщення після деяких хвороб застосовують сполуки, до складу яких входять йони тетрайодмеркурату $[HgI_4]^{2-}$ і тетрайодкадміату $[CdI_4]^{2-}$. Константи нестійкості комплексних йонів відповідно рівні $1,38 \cdot 10^{-30}$, $7,94 \cdot 10^{-7}$. Молярна концентрація $0,1 \text{ моль/л}$. В якій комплексній сполуці йон I^- міцніший?

(Відповідь: у $[HgI_4]^{2-}$, $[I^-] = 12,24 \cdot 10^{-7}$).

Задача 40. Ферум (III) тiocіанат використовують для лікування атеросклерозу. Яка концентрація Fe^{3+} буде у розчині, якщо змішати $0,5 \text{ л}$ $0,00015 \text{ M}$ розчину ферум (III) нітрату $Fe(NO_3)_3$ з $0,5 \text{ л}$ $0,2 \text{ M}$ розчину калій тiocіанату $KSCN$? $K_H [FeCNS]^{2+} = 9,33 \cdot 10^{-4}$.

(Відповідь: $6,8 \cdot 10^{-2}$).

Задача 41. До складу деяких проносних препаратів входять комплексні сполуки, що містять йон аміномагнію $MgNH_3^{2+}$. Обчисліть ΔG^0 процесу: $MgNH_3^{2+} \leftrightarrow Mg^{2+} + NH_3$, якщо $K_H = 5,89 \cdot 10^{-1}$ за $30^\circ C$.

(Відповідь: $1333,77 \text{ Дж/моль}$).

Задача 42. Розчин комплексної сполуки калій тетраціаноцинкату $K_2[Zn(CN)_4]$ використовують при обробці медичних інструментів. Яка концентрація Zn^{2+} у $0,1 \text{ л}$ $0,01 \text{ M}$ розчину $K_2[Zn(CN)_4]$, в якому розчинено 3 г KCN ? $K_H [Zn(CN)_4]^{2-} = 1 \cdot 10^{-16}$.

(Відповідь: $2,2 \cdot 10^{-7}$).

Задача 43. Калій гексаціаноферат (III) застосовують у лікувально-процедурних цілях. Константа нестійкості комплексної сполуки $K_3[Fe(CN)_6]$ становить $1 \cdot 10^{-31}$. Яка концентрація Fe^{3+} знаходиться в $0,2 \text{ л}$ $0,01 \text{ M}$ розчині $K_3[Fe(CN)_6]$, в якому розчинено 7 г натрій ціанату $NaCN$?

(Відповідь: $1,3 \cdot 10^{-22}$).

Задача 44. Калій хлоропентааквахромат (III) застосовується в медицині для стерилізації води. Осмотичний тиск комплексної солі при 0°C та молярній концентрації $0,01$ моль/л складає 76 мм.рт.ст. На скільки йонів розпадається молекула солі, якщо вважати, що в розбавленому розчині сіль дисоціює повністю?

(Відповідь: $n = 4$).

Задача 45. Комплексну сіль тетрааміноцинк сульфат $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ використовують при лікуванні шкіряних захворювань. На скільки йонів розпадається молекула комплексної солі $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, якщо вважати, що в розбавленому розчині сіль дисоціює повністю? Осмотичний тиск розчину $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ при 5°C та молярній концентрації $0,02$ моль/л складає 87 мм.рт.ст.

(Відповідь: $n = 2$).

Задача 46. В медицині розчин солі платина триамінодихлорид $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$ використовують як протипухлинний препарат. Визначте ізотонічний коефіцієнт розчину $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$, якщо осмотичний тиск децимолярного розчину складає 90 мм.рт.ст при 0°C .

(Відповідь: $i = 5$).

Задача 47. Комплексна сполука натрій дисульфатстибат $\text{Na}[\text{Sb}(\text{SO}_4)_2]$ входить до складу деяких блювотних препаратів. Ізотонічний коефіцієнт розчину комплексної солі $\text{Na}[\text{Sb}(\text{SO}_4)_2]$ при 25°C складає 6 . Визначте осмотичний тиск мілімолярного розчину комплексної солі.

(Відповідь: $\pi = 14,8$ кПа).

Задача 48. Розчин аргентум-натрій нітрит $\text{AgNO}_2 \cdot \text{NaNO}_2$ з масовою часткою $1 \div 3\%$ використовують для промивання сечового міхура при циститах. Визначте осмотичний тиск децимолярного розчину комплексної солі $\text{AgNO}_2 \cdot \text{NaNO}_2$, якщо ізотонічний коефіцієнт при 30°C складає 5 .

(Відповідь: $\pi = 1259$ кПа).

3 рівень

Задача 49. Комплексну сполуку рубідій гексабромстибат $\text{Rb}[\text{SbBr}_6]$ застосовують в хіміотерапії при онкозахворюваннях. Осмотичний тиск розчину комплексної солі $\text{Rb}[\text{SbBr}_6]$ при 0°C та молярній концентрації $0,2$ моль/л складає 97 мм.рт.ст. Визначте ізотонічний коефіцієнт розчину $\text{Rb}[\text{SbBr}_6]$.

(Відповідь: $i = 3$).

Задача 50. Розчин солі агенту-калій ціанат $\text{AgCN} \cdot \text{KCN}$ використовують для припікання ран. У розведеному децимолярному розчині молекула комплексної солі $\text{AgCN} \cdot \text{KCN}$ внаслідок повної дисоціації розпадається на 4 йона. Чому дорівнюватиме ізотонічний коефіцієнт?

(Відповідь: $i = 4$).

Задача 51. Розчин комплексної солі натрій дигідроксокадміат $\text{Na}_2[\text{Cd}(\text{OH})_4]$ використовують для зупинки кровотечі при дрібних порізах. Чому дорівнюватиме ізотонічний коефіцієнт комплексної солі $\text{Na}_2[\text{Cd}(\text{OH})_4]$, якщо в розбавленому розчині сіль дисоціює повністю і розпадається на 6 йонів.

(Відповідь: $i = 6$).

Задача 52. Комплексна сполука діаміноаргентум йодид $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{I}$ входить до складу олівців для припікання бородавок. В розведеному розчині комплексна сполука $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{I}$ внаслідок повної дисоціації розпадається на 3 йона.

Осмотичний тиск розчину при 25°C складає 57 мм.рт.ст. Обчисліть молярну концентрацію розчину $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$.

(Відповідь: 0,1 моль/л).

Задача 53. Комплексну сіль амоній трисульфурстаннат $(\text{NH}_4)_2[\text{SnS}_3]$ застосовують у судовій медицині. Осмотичний тиск розчину комплексної солі $(\text{NH}_4)_2[\text{SnS}_3]$ при 0°C складає 75 мм.рт.ст. В розведеному розчині сіль внаслідок повної дисоціації розпадається на 4 йона. Обчисліть молярну концентрацію розчину комплексної солі $(\text{NH}_4)_2[\text{SnS}_3]$.

(Відповідь: 0,01 моль/л).

Задача 54. В медицині комплексний йон тетраамінокадмій $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ входить до складу сполук, що знаходять обмежене застосування як проносне. Константа нестійкості йону $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ за 25°C складає $2,75 \cdot 10^{-7}$. Обчисліть зміну стандартної енергії Гіббса процесу $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$.

(Відповідь: 36,8 кДж/моль).

Задача 55. Комплексний йон дигідроксо алюміній $[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+}$ використовують в якості антацидного засобу. Константа нестійкості комплексного йона $[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+}$ становить $1,86 \cdot 10^{-22}$. За якої температури енергія Гіббса для процесу $[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+} \leftrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 2\text{OH}^-$ становить 113,54 кДж/моль?

(Відповідь: $T=273 \text{ K}$).

Задача 56. Комплексний йон триціаноаргентат $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$ входить до складу фармацевтичних препаратів. Константа нестійкості комплексного йона $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$ становить $2,0 \cdot 10^{-1}$. За якої температури енергія Гіббса для процесу $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-} \leftrightarrow \text{Ag}(\text{CN})_2^- + \text{CN}^-$ становить 4,06 кДж/моль?

(Відповідь: $T=303 \text{ K}$).

Задача 57. Комплексний йон діамінонікол $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{3+}$ володіє протипухлинною активністю. Визначте можливість самочинного протікання дисоціації комплексного йона $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{3+}$ при 25°C залежно від характеру величини зміни енергії Гіббса. Константа нестійкості комплексного йона $K_H=7,59 \cdot 10^{-3}$.

(Відповідь: $\Delta G^\circ_{298}=12,09 \text{ кДж/моль}$; $\Delta G^\circ > 0$, самочинне протікання реакції неможливе).

Задача 58. В хірургії йони моногідроксихрому $[\text{Cr}(\text{OH})]^{2+}$ використовують як припікаючий засіб. Константа нестійкості комплексного йона $[\text{Cr}(\text{OH})]^{2+}$ при 30°C становить $1,59 \cdot 10^{-8}$. Залежно від характеру величини зміни енергії Гіббса визначте можливість самочинного протікання дисоціації комплексного йона.

(Відповідь: $\Delta G^\circ_{303}=45,2 \text{ кДж/моль}$; $\Delta G^\circ > 0$, самочинне протікання реакції неможливе).

Задача 59. Гексаціанофератну кислоту застосовують в гастроендоскопії. Визначте концентрацію йонів Феруму в 0,1 М розчині $\text{H}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Зміна енергії Гіббса для процесу $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{2-} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$ при 25°C становить 176,79 кДж/моль.

(Відповідь: $3,9 \cdot 10^{-1}$).

Задача 60. Комплексний йон діаміноаргентат $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ входить до складу сполук, що володіють протизапальною дією. Зміна енергії Гіббса для процесу $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \leftrightarrow \text{AgNH}_2^+ + \text{NH}_3$ при 0°C становить 30,9 кДж/моль. Визначте концентрацію NH_3 в 0,2 М розчині $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$.

(Відповідь: $1,2 \cdot 10^{-4}$).

Задача 61. При лікуванні онкологічних захворювань використовують комплексні сполуки, що містять у своєму складі йони моноаміноніколу $[\text{Ni}(\text{NH}_3)]^{2+}$. Константа нестійкості комплексного йона $[\text{Ni}(\text{NH}_3)]^{2+}$ при 28°C становить $2,45 \cdot 10^{-2}$. Обчисліть зміну стандартної енергії Гіббса для процесу $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_3]^{2+} \leftrightarrow \text{Ni}(\text{NH}_3)_2^{2+} + \text{NH}_3$.
(Відповідь: 9,3 кДж/моль).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №3 ВЧЕННЯ ПРО РОЗЧИНИ

Важливою характеристикою розчину є його кількісний склад, тобто вміст розчиненої речовини у певній кількості розчину або розчинника. Склад розчину можна виразити як часткою розчиненої речовини (безрозмірна величина), так і концентрацією розчиненої речовини (розмірна величина). Способи вираження концентрації залежать від одиниць вимірювання кількості розчину, розчиненої речовини і розчинника. Розглянемо найважливіші способи вираження кількісного складу розчинів.

1. *Масова частка розчиненої речовини* ω – це відношення маси розчиненої речовини $m_{\text{речовини}}$ до загальної маси розчину $m_{\text{р-ну}}$, що визначається як сума маси розчинника $m_{\text{розчинника}}$ та маси розчиненої речовини $m_{\text{речовини}}$:

$$\omega = \frac{m_{\text{речовини}}}{m_{\text{речовини}} + m_{\text{розчинника}}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Масову частку виражають у частках одиниці, або у відсотках (%).

3 *Мольна частка розчиненої речовини* N – це відношення кількості речовини ϑ (В) до загальної кількості речовини усіх компонентів розчину:

$$N = \frac{\vartheta(B)}{\sum \vartheta_i} \quad (3.2)$$

де ϑ_i – кількість речовини кожного компонента розчину. Мольну частку також виражають у частках одиниці, або відсотках (%).

3 *Об'ємна частка розчиненої речовини* φ – це відношення об'єму розчиненої речовини V_p до суми об'ємів усіх компонентів розчину.

$$\varphi = \frac{V_p}{\sum V_i} \quad (3.3)$$

де V_i – об'єм кожного компонента розчину.

Об'ємну частку також можна виражати як у частках одиниці, так і у відсотках. Її використовують для характеристики складу газових сумішей.

4. *Молярна концентрація* C_m – це відношення кількості розчиненої речовини ϑ до об'єму розчину (дм^3):

$$C_i = \frac{\vartheta}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \quad (3.4)$$

де m – маса розчиненої речовини, г;

M – молярна маса розчиненої речовини, г/моль;

V – об'єм розчину, дм^3 .

Об'єм розчину V дорівнює відношенню маси розчину ($m_{\text{р-ну}}$) до густини розчину ρ :

$$V = \frac{m_{\text{розчину}}}{\rho} \quad (3.5)$$

Якщо підставити даний вираз у рівняння (4), то отримуємо:

$$C_m = \frac{m \cdot \rho}{M \cdot m_{\text{розчину}}} \quad (3.6)$$

Молярну концентрацію виражають у моль/ дм^3 і позначають великою літерою M . Так розчин, який містить в 1 л розчину 1 моль розчиненої речовини називається молярним (1M); 0,1 моль розчиненої речовини – децимолярним (0,1M); 0,01 моль розчиненої речовини – сантимольним (0,01M); 0,001 моль розчиненої речовини – мілімолярним (0,001 M)

Наприклад, якщо необхідно приготувати 1 л 1M розчину хлориду натрію, необхідно зважити на аналітичних вагах 58,5 г NaCl (молярна маса Na 23 г/моль, а Cl 35,5 г/моль). Після цього наважку солі кількісно переносять до мірної колби об'ємом 1 дм^3 , перемішують і доводять до мітки водою.

5. *Моляльна концентрація* C_m – це відношення кількості розчиненої речовини ϑ до маси розчинника m , вираженої в кг:

$$C_m = \frac{\vartheta}{m} \quad (3.7)$$

Якщо представити, що кількість речовини $\vartheta = \frac{m}{M}$, то формула (7) буде мати наступний вигляд:

$$C_m = \frac{\vartheta}{m} = \frac{m_{\text{речовини}}}{M \cdot m} \quad (3.8)$$

6. *Молярна концентрація еквівалента* $C_i \left(\frac{1}{z} \right)$ – це відношення кількості еквівалентів розчиненої речовини $\vartheta_{\text{екв.}}$ до об'єму розчину:

$$C_M \left(\frac{1}{z} \right) = \frac{\vartheta_{\text{екв.}}}{V} \quad (3.9)$$

Відношення $\frac{1}{z}$ називається фактором еквівалентності та позначається малою латинською літерою f .

Кількість еквівалентів розчиненої речовини розраховується за формулою:

$$\vartheta_{\text{екв.}} = \frac{m}{M_{\text{екв.}}} \quad (3.10)$$

Тема 1. Визначення масової частки розчиненої речовини у розчині

Приклад 1.1 Для отримання фармакопейного розчину магній хлорид MgCl_2 масою 12 г розчинили у воді масою 288г. Визначте масову частку магній хлориду в отриманому розчині.

$\Omega (\text{MgCl}_2) - ?$	Масова частка розчиненої речовини визначається за
$m (\text{MgCl}_2) = 12 \text{ г.}$	

$$m(H_2O) = 288 \text{ г.}$$

формулою: $\omega = \frac{m_{\text{розч. речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$; $\omega(MgCl_2) = \frac{m(MgCl_2)}{m(\text{розчину})} \cdot 100\%$.

Масу розчину знайдемо як суму мас магній хлориду та води, що були використані при приготуванні розчину:

$$m_{\text{розчину}} = m(MgCl_2) + m(H_2O); m_{\text{розчину}} = 12\text{г} + 288\text{г} = 300\text{г}.$$

Масова частка магній хлориду становить:

$$\omega(MgCl_2) = \frac{12\text{г}}{300\text{г}} \cdot 100\% = 4\%.$$

Відповідь: $\omega(MgCl_2) = 4\%$.

Приклад 1.2 У лікуванні ряду хвороб шлунково-кишкового тракту застосовують глауберову сіль – натрій сульфат. Скільки Na_2SO_4 та води необхідно для приготування 250 г розчину з масовою часткою Na_2SO_4 5%?

$$M(Na_2SO_4) - ?$$

$$m(H_2O) - ?$$

$$\omega(Na_2SO_4) = 5\%$$

$$m(\text{розчину}) = 250$$

г

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{\text{розч. речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$. Звідси маса розчиненої

речовини становить: $m_{\text{розч. речовини}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{розчину}}}{100\%}$;

$$m(Na_2SO_4) = \frac{\omega(Na_2SO_4) \cdot m_{\text{розчину}}}{100\%}; m(Na_2SO_4) = \frac{5\% \cdot 250\text{г}}{100\%} = 12,5\text{г}.$$

Необхідну масу води розраховуємо за формулою:

$$m(H_2O) = m_{\text{розчину}} - m(Na_2SO_4); m(H_2O) = 250\text{г} - 12,5\text{г} = 237,5\text{г}$$

Відповідь: 12,5 г Na_2SO_4 ; 237,5 г H_2O .

Приклад 1.3 У результаті випарювання розчину калій нітрату масою 80г отримано сухий залишок масою 20г. Визначте масову частку KNO_3 у вихідному розчині.

$$\Omega(KNO_3) - ?$$

$$m(\text{розчину}) = 80$$

г.

$$m(KNO_3) = 20 \text{ г.}$$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{\text{розч. речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$.

Відповідно до умов задачі, маса розчиненої речовини відповідає масі сухого залишку і становить 20г.

$$\omega(KNO_3) = \frac{m(KNO_3)}{m(\text{розчину})} \cdot 100\%;$$

$$\omega(KNO_3) = \frac{20\text{г}}{80\text{г}} \cdot 100\% = 25\%.$$

Відповідь: $\omega(KNO_3) = 25\%$.

Приклад 1.4 Для інтенсифікації процесів жовчовиділення застосовують розчин магній сульфату. Скільки необхідно взяти гептагідрату магній сульфату $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ для виготовлення 300 г розчину з масовою часткою $MgSO_4$ 20%?

$$M(MgSO_4 \cdot 7H_2O) - ?$$

$$m(\text{розчину}) = 300 \text{ г}$$

$$\omega(MgSO_4) = 20\%$$

Знайдемо масу магній сульфату у розчині:

$$m(MgSO_4) = \frac{\omega(MgSO_4) \cdot m(\text{розчину})}{100\%};$$

$M(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль}$
 $M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 246 \text{ г/моль}$

$$m(\text{MgSO}_4) = \frac{20\% \cdot 300\text{г}}{100\%} = 60\text{г}$$

Вміст MgSO_4 у гептагідрату визначимо за формулою:

$$\omega(\text{MgSO}_4 / \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{MgSO}_4)}{M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{MgSO}_4 / \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{120\text{г/моль}}{246\text{г/моль}} \cdot 100\% = 48,8\%$$

Кількість гептагідрату магній сульфату, що містить 60 г MgSO_4 , знайдемо за формулою:

$$m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{MgSO}_4)}{\omega(\text{MgSO}_4 / \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\%$$

$$m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{60\text{г}}{48,8\%} \cdot 100\% = 123,0\text{г}$$

Відповідь: 123,0 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Тема 2. Визначення масової частки розчиненої речовини у розчині, утвореного шляхом розчинення газоподібної речовини

Приклад 2.1 Обчисліть масову частку хлоридної кислоти HCl у розчині, утвореного шляхом розчинення хлороводню об'ємом 10 дм³ у воді масою 500г.
 $\omega(\text{HCl}) = ?$

$V(\text{HCl}) = 10 \text{ дм}^3$
 $M(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г}$

Масова частка розчиненої речовини визначається за формулою: $\omega = \frac{m_{\text{розч. речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$. Для розрахунку масової

частки хлоридної кислоти знайдемо масу хлороводню та масу отриманого розчину.

Оскільки хлороводень за умовою задачі знаходиться у газоподібному вигляді, кількість речовини знайдемо за

$$\text{формулою: } \vartheta(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl})}{V_m},$$

де $V_m = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$ – молярний об'єм газу.

$$\vartheta(\text{HCl}) = \frac{10\text{дм}^3}{22,4\text{дм}^3 / \text{моль}} = 0,45\text{моль}$$

Водночас, кількість речовини хлороводню можна визначити за формулою:

$$\vartheta(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})}, \text{ де } M(\text{HCl}) - \text{молярна маса хлороводню.}$$

Звідси знайдемо масу хлороводню:

$$m(\text{HCl}) = \vartheta(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}); \quad m(\text{HCl}) = 0,45\text{моль} \cdot 36,5\text{г/моль} = 16,4\text{г}$$

Масу розчину знайдемо як суму мас хлороводню та води, що були використані при приготуванні розчину:

$$m_{\text{розчину}} = m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O}); \quad m_{\text{розчину}} = 16,4\text{г} + 500\text{г} = 516,4\text{г}.$$

Масова частка хлоридної кислоти становить:

$$\omega(HCl) = \frac{16,4г}{516,4г} \cdot 100\% = 3,2\%.$$

Відповідь: $\omega(HCl) = 3,2\%$.

Приклад 2.2 Який об'єм газоподібного аміаку необхідно розчинити у воді масою 200 г. для отримання розчину з масовою часткою NH_3 5%.

$V(NH_3) - ?$

$M(H_2O) = 200 г.$
 $\omega(NH_3) = 5\%$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{розч.речовини}}{m_{розчину}} \cdot 100\%$.

Звідси маса розчиненої речовини становить:

$$m_{розч.речовини} = \frac{\omega \cdot m_{розчину}}{100\%};$$

$$m(NH_3) = \frac{\omega(NH_3) \cdot m_{розчину}}{100\%}; \quad m(NH_3) = \frac{5\% \cdot 200г}{100\%} = 10г.$$

Для розрахунку об'єму аміаку розрахуємо кількість речовини NH_3 за формулою:

$$\vartheta(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{M(NH_3)}, \text{ де } M(NH_3) - \text{молярна маса аміаку.}$$

$$\vartheta(NH_3) = \frac{10г}{17г/моль} = 0,59 \text{ моль}$$

Оскільки аміак за умовою задачі знаходиться у газоподібному вигляді, кількість речовини знайдемо за формулою:

$V(NH_3) = \vartheta(NH_3) \cdot V_m$, де $V_m = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$ – молярний об'єм газу.

$$V(NH_3) = 0,59 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3 / \text{моль} = 13,2 \text{ дм}^3.$$

Відповідь: $V(NH_3) = 13,2 \text{ дм}^3$.

Тема 3. Визначення масової частки розчиненої речовини у розчині при додаванні додаткової кількості речовини

Приклад 3.1 У медичній практиці широко застосовується калій сульфат K_2SO_4 . Обчисліть масову частку калій сульфату у розчині, що утворився при розчиненні 15 г солі у 300 г розчину з масовою часткою калій сульфату 10%.

$\Omega_2(K_2SO_4) - ?$

$m(K_2SO_4)_{пр} = 15$
г.
 $m_{розчину} = 300$ г.
 $\omega_1(K_2SO_4) =$
10%.

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{розч.речовини}}{m_{розчину}} \cdot 100\%$. Відповідно до умов

задачі, маса розчиненої речовини представляє собою суму маси твердої солі та солі, що міститься у вихідному розчині:

$$m_{розч.реч.} = m(K_2SO_4)_{тв.} + m(K_2SO_4)_{розч.}$$

Знайдемо масу розчиненого калій сульфату у вихідному

розчині за формулою: $m_{розч.речовини} = \frac{\omega \cdot m_{розчину}}{100\%}$.

$$m(K_2SO_4)_{розч.} = \frac{10\% \cdot 300г}{100\%} = 30г; \quad m(K_2SO_4) = 15г + 30г = 45г.$$

$$m_{розчину} = 15г + 300г = 315г; \quad \omega_2(K_2SO_4) = \frac{45г}{315г} \cdot 100\% = 14,3\%.$$

Відповідь: $\omega(K_2SO_4) = 14,3\%$

Приклад 3.2 При опіках лугами уражену ділянку шкіри впродовж 10-15 хвилин промивають водою, після чого нейтралізують розчином оцтової кислоти CH_3COOH з масовою часткою 2%. Яку масу оцтової кислоти необхідно додати у 100 г розчину оцтової кислоти з масовою часткою 1,5% для отримання розчину кислоти з масовою часткою 2%.

$M(CH_3COOH)$ - ?

Знайдемо масу оцтової кислоти, що міститься у 100 г розчину з масовою часткою 1,5%:

$$\omega_1(CH_3COOH) = 1,5\%$$

$$\omega_2(CH_3COOH) = 2\%$$

$$m_1(розчину) = 100г$$

$$m_{розч.речовини} = \frac{\omega \cdot m_{розчину}}{100\%}; \quad m(CH_3COOH) = \frac{\omega(CH_3COOH) \cdot m_{розчину}}{100\%};$$

$$m(CH_3COOH) = \frac{1,5\% \cdot 100г}{100\%} = 1,5г.$$

Нехай маса оцтової кислоти, яку необхідно додати до розчину, складає x г. Тоді сумарна маса розчиненої речовини (оцтової кислоти) становить: $m_{розч.речовини} = (x + 1,5)г$; а маса розчину $m_{розчину} = (x + 100)г$.

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{розч.речовини}}{m_{розчину}} \cdot 100\%$. Звідси:

$$2\% = \frac{(x + 1,5)г}{(x + 100)г} \cdot 100\%.$$

Розв'язуючи дане рівняння, знаходимо $x = 0,5г$. Отже, маса оцтової кислоти становить $m(CH_3COOH) = 0,5г$.

Відповідь: $m(CH_3COOH) = 0,5г$.

Тема 4. Визначення масової частки розчиненої речовини у розчині при зміні кількості розчинника

Приклад 4.1 У медичній практиці застосовуються водні розчини калій перманганату різної концентрації. Розрахуйте масову частку $KMnO_4$ у розчині, що утворюється при додаванні 250 г води до 800 г розчину перманганату калію з масовою часткою розчиненої речовини 20%.

$\Omega_2(KMnO_4)$ - ?

Знайдемо масу калій перманганату, що міститься у 800 г 20% розчину:

$$\Omega_2(KMnO_4) = 20\%$$

$$m(H_2O) = 250г$$

$$m_1(KMnO_4)_{розч.} = 800г$$

$$m_{розч.речовини} = \frac{\omega \cdot m_{розчину}}{100\%};$$

$$m(KMnO_4) = \frac{\omega_1(KMnO_4) \cdot m_1(KMnO_4)_{розч.}}{100\%};$$

$$m(KMnO_4) = \frac{20\% \cdot 800г}{100\%} = 160г.$$

Знайдемо масу розчину калій перманганату, що утворився:

$$m_2 = m_1(KMnO_4_{розч.}) + m(H_2O); m_2 = 800г + 250г = 1050г .$$

$$\omega_2(KMnO_4) = \frac{m(KMnO_4) \cdot 100\%}{m_2}; \omega_2(KMnO_4) = \frac{160г \cdot 100\%}{1050г} = 15,2\% .$$

Відповідь: $\omega_2(KMnO_4) = 15,2\% .$

Приклад 4.2 У медичній практиці широко застосовуються сполуки карбонатів. Обчисліть, яку масу розчину з масовою часткою натрій карбонату Na_2CO_3 20% необхідно додати до води масою 300г, щоб отримати розчин з масовою часткою солі 5%.

$M_{розч.} (Na_2CO_3) - ?$

$\omega_1(Na_2CO_3) = 20\%$

$\omega_2(Na_2CO_3) = 5\%$

$m(H_2O) = 300 г$

Нехай маса 20% розчину натрій карбонату складає x г. Тоді маса розчину натрій карбонату з масовою часткою 5% становитиме: $m_{розчину} = (x + 300)г$. Маса розчиненої речовини

становить: $m_{розч.речовини} = \frac{\omega \cdot m_{розчину}}{100\%};$

$$m(Na_2CO_3) = \frac{20\% \cdot xг}{100\%} = 0,2xг$$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{розч.речовини}}{m_{розчину}} \cdot 100\% .$ Звідси знайдемо :

$$5\% = \frac{(0,2x)г}{(x + 300)г} \cdot 100\% .$$

Розв'язуючи дане рівняння, знаходимо $x = 100г$. Отже, маса 20% розчину натрій карбонату становить 100г.

Відповідь: $m_{розч.}(Na_2CO_3) = 100г$.

Приклад 4.3 Фізіологічний розчин (0,9% NaCl) готують шляхом розведення концентрованих розчинів натрій хлориду. Яка кількість розчину натрій хлориду з масовою часткою NaCl 10% та води необхідна для приготування 1,5 л фізіологічного розчину? Густина фізіологічного розчину 1,04 г/см³.

M_1 (розч. NaCl.)

- ?

$m(H_2O) - ?$

$V(NaCl.) = 1,5 л$

$\omega_1(NaCl) = 10 \%$

$\omega_2(NaCl) = 0,9 \%$

$\rho(NaCl) = 1,04 г/см^3$

Знайдемо масу фізіологічного розчину:

$$m_2(розч.NaCl) = \rho(NaCl) \cdot V(NaCl);$$

$$m_2(розч.NaCl) = 1,04г/см^3 \cdot 1500см^3 = 1560г$$

Масова частка розчиненої речовини – NaCl визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{розч.речовини}}{m_{розчину}} \cdot 100\% .$ Звідси знайдемо масу

розчиненого натрій

$$хлориду: m(NaCl) = \frac{\omega_2(NaCl) \cdot m_2(розч.NaCl)}{100\%};$$

$$m(NaCl) = \frac{0,9\% \cdot 1560г}{100\%} = 14,04г .$$

Знайдемо масу 10%-го розчину:

$$m_1(\text{розч. NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{\omega_1(\text{NaCl})} \cdot 100\% ;$$

$$m_1(\text{розч. NaCl}) = \frac{14,04\text{г}}{10\%} \cdot 100\% = 140,4\text{г}$$

Необхідну масу води розраховуємо за формулою:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_2(\text{розч. NaCl}) - m_1(\text{розч. NaCl}) ;$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1560\text{г} - 140,4\text{г} = 1419,6\text{г}$$

Відповідь: 140,4 г 10%-го розчину NaCl; 1419,6 г H₂O.

Тема 5. Визначення масової частки розчиненої речовини у розчині при змішуванні двох розчинів

Приклад 5.1 При інтоксикації організму використовують глюкозу C₆H₁₂O₆, оскільки вона є універсальним антитоксичним засобом. Визначте масову частку розчиненої речовини у розчині, який утворився при змішуванні 150 г розчину з масовою часткою глюкози 20% з 500 г розчину з масовою часткою глюкози 4%.

Ω₃ (C₆H₁₂O₆) – ?

m₁ (C₆H₁₂O₆)_p
= 150 г.

ω₁ (C₆H₁₂O₆) = 20%

m₂ (C₆H₁₂O₆)_p
= 500 г.

ω₂ (C₆H₁₂O₆) = 4%

Масова частка розчиненої речовини визначається за

$$\text{формулою: } m_{\text{розч. речовини}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{розчину}}}{100\%} .$$

Знайдемо масу глюкози у кожному з вихідних розчинів:

$$m_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{20\% \cdot 150\text{г}}{100\%} = 30\text{г}$$

$$m_2(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{4\% \cdot 500\text{г}}{100\%} = 20\text{г}$$

Загальна маса глюкози у новоутвореному розчині

$$\text{становить: } m_3(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 30\text{г} + 20\text{г} = 50\text{г}$$

Маса розчину після змішування вихідних розчинів

становить:

$$m_3(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_p = 150\text{г} + 500\text{г} = 650\text{г}$$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

$$\text{формулою: } \omega = \frac{m_{\text{розч. речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$$

$$\omega_3(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{50\text{г}}{650\text{г}} \cdot 100\% = 7,7\%$$

Відповідь: ω₃(C₆H₁₂O₆) = 7,7%

Приклад 5.2 До складу деяких фармакологічних препаратів зовнішнього застосування входить борна кислота H₃BO₃. Яку масу 5% та 80% розчинів борної кислоти необхідно використати для отримання 150 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 30%.

M₁ (H₃BO₃)_p – ?

m₂ (H₃BO₃)_p – ?

m₃ (H₃BO₃)_p = 150
г.

Нехай маса m₁ 5% розчину борної кислоти складає x г, тоді маса m₂ 80% розчину борної кислоти становить: m₂ = m₃ – m₁;

m₂ = (150 – x) г. Масова частка розчиненої речовини

$\omega_1(\text{H}_3\text{BO}_3)=5\%$
 $\omega_2(\text{H}_3\text{BO}_3)=80\%$
 $\omega_3(\text{H}_3\text{BO}_3)=30\%$

визначається за формулою: $m_{\text{розч.речовини}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{розчину}}}{100\%}$.

Знайдемо масу борної кислоти у кожному з вихідних розчинів:

$$m_1(\text{H}_3\text{BO}_3) = \frac{5\% \cdot x_2}{100\%} = 0,05x_2$$

$$m_2(\text{H}_3\text{BO}_3) = \frac{80\% \cdot (150 - x)_2}{100\%} = (120 - 0,8x)_2$$

$$m_3(\text{H}_3\text{BO}_3) = m_1 + m_2 = 0,05x + (120 - 0,8x) = (120 - 0,75x)_2$$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{\text{розч.речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$.

Звідси знайдемо :

$$30\% = \frac{(120 - 0,75x)_2}{150_2} \cdot 100\%.$$

Розв'язуючи дане рівняння, знаходимо $x=100\text{г}$. Отже, маса 5% розчину борної кислоти становить 100г; тоді маса 80% розчину складає:

$$(150-100)\text{г}=50\text{г}.$$

Відповідь: $m_1(\text{H}_3\text{BO}_3)_p = 100\text{г}$; $m_2(\text{H}_3\text{BO}_3)_p = 50\text{г}$.

Тема 6. Визначення масової частки розчиненої речовини у розчині, що утворюється у результаті взаємодії розчиненої речовини з розчинником

Приклад 6.1 Обчисліть масову частку фосфатної кислоти H_3PO_4 у розчині, що утворився у результаті розчинення оксиду фосфору (V) масою 71 г у 600 г води.

$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) - ?$
 $M(\text{P}_2\text{O}_5) = 71 \text{ г.}$
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 600 \text{ г.}$

Запишемо рівняння хімічної реакції оксиду фосфору (V) з водою: $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4$

Для розрахунку масової частки фосфатної кислоти необхідно знайти її масу та масу утвореного розчину.

Розрахуємо кількість речовини оксиду фосфору (V):

$$\nu(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{m(\text{P}_2\text{O}_5)}{M(\text{P}_2\text{O}_5)}; \nu(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{71\text{г}}{142\text{г/моль}} = 0,5\text{моль}$$

$$\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2\nu(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,5\text{моль} = 1\text{моль}$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2\text{моль} \cdot 98\text{г/моль} = 196\text{г}$$

Маса утвореного розчину становить:

$$m_{\text{розчину}} = m(\text{P}_2\text{O}_5) + m(\text{H}_2\text{O}) = 71\text{г} + 600\text{г} = 671\text{г}.$$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $\omega = \frac{m_{\text{розч.речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%;$

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{196\text{г}}{671\text{г}} \cdot 100\% = 29,2\%.$$

| **Відповідь:** $\omega(H_3PO_4) = 29,2\%$.

Приклад 6.2 До розчину масою 80 г з масовою часткою натрій гідроксиду NaOH 10% додали натрію оксид у кількості 15г. Обчисліть масову частку натрій гідроксиду у розчині.

$\omega_2(NaOH) = ?$

Запишемо рівняння хімічної реакції оксиду натрію з водою з водою: $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$

Для розрахунку масової частки гідроксиду натрію необхідно знайти його масу та масу утвореного розчину. Гідроксид натрію в утвореному розчині представлено речовиною, що входить до складу вихідного розчину та гідроксиду натрію, що утворюється у результаті взаємодії оксиду натрію з водою.

Масова частка розчиненої речовини визначається за

формулою: $m_{\text{розч. речовини}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{розчину}}}{100\%}$; $m_1(NaOH) = \frac{10\% \cdot 80\text{г}}{100\%} = 8\text{г}$

Розрахуємо кількість речовини оксиду натрію:

$$\nu(Na_2O) = \frac{m(Na_2O)}{M(Na_2O)} = \frac{15\text{г}}{62\text{г/моль}} = 0,24\text{моль};$$

$$\nu(NaOH) = 2\nu(Na_2O) = 2 \cdot 0,24\text{моль} = 0,48\text{моль}$$

$$m(NaOH) = \nu(NaOH) \cdot M(NaOH) = 0,48\text{моль} \cdot 40\text{г/моль} = 19,2\text{г}$$

Маса утвореного розчину становить:

$$m_{\text{розчину}} = m(Na_2O) + m(NaOH)_{\text{розч.}} = 15\text{г} + 80\text{г} = 95\text{г}.$$

Масова частка розчиненої речовини визначається за

$$\text{формулою: } \omega = \frac{m_{\text{розч. речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%;$$

$$\omega(NaOH) = \frac{19,2\text{г}}{95\text{г}} \cdot 100\% = 20\%.$$

Відповідь: $\omega(NaOH) = 20\%$.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1 рівень

Задача 1. В медичній практиці барій сульфат $BaSO_4$ застосовують як рентгеноконтрастну речовину. Обчисліть масову частку барій сульфату в суспензії, отриманої шляхом додавання барій сульфату, масою 25г до води, масою 457 г.

(Відповідь: 5,2%).

Задача 2. Для обробки рук хірурга використовується йодна настойка з масовою часткою препарату 5%. Визначте масу йоду, що необхідна для приготування 150 г розчину, з масовою часткою розчиненої речовини 5%.

(Відповідь: 7,5 г).

Задача 3. В медичній практиці для знезараження водних розчинів використовують аргентум нітрат $AgNO_3$. Скільки аргентум нітрату та води необхідно для приготування 500 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 20%.

(Відповідь: 100 г AgNO_3 ; 400 г H_2O).

Задача 4. Для проведення р'єнтгеном в бактеріологічних відділеннях використовують розчин калій перманганату. Скільки необхідно взяти KmnO_4 та води для виготовлення 150 г розчину, з масовою часткою розчиненої речовини 1%.

(Відповідь: 1,5 г KmnO_4 ; 148,5 г H_2O).

Задача 5. При деяких алергічних захворюваннях у дорослих призначають розчин кальцій хлориду. Скільки необхідно використати кальцій хлориду дигідрату $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ для виготовлення 40 г розчину, з масовою часткою CaCl_2 10%.

(Відповідь: 5,3 г).

Задача 6. Солі бромідної кислоти HBr досить часто використовуються у складі фармацевтичних препаратів для зовнішнього застосування. Яку кількість води та натрій броміду необхідно використати для отримання 300 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 0,5%?

(Відповідь: 1,5 г NaBr ; 298,5 г H_2O).

Задача 7. Водний розчин натрій карбонату застосовується в медицині як лікарський препарат при лікуванні депресивного психозу. Розрахуйте масову частку натрій карбонату у розчині, утвореного шляхом розчинення 10 г натрій карбонату р'єнтгеном $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ у 85 г води.

(Відповідь: 3,9%).

Задача 8. В медичній практиці використовують водний розчин алюміній силікату $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$ у вигляді присипок, мазей і паст при лікуванні шкірних захворювань. Яку масу алюміній силікату необхідно додати до 60 г води для отримання розчину з масовою часткою розчиненої речовини 3%?

(Відповідь: 1,9 г).

Задача 9. Алюміній фосфат AlPO_4 використовують в медицині як р'єнтгеномний у засіб. Розрахуйте масову частку алюміній фосфату у суспензії, що отримали шляхом змішування 5 г солі з 150 г води.

(Відповідь: 3,2%).

Задача 10. Натрій хлорид NaCl використовують у хірургії як гіпертонічний розчин при операціях з пересадки шкіри. Обчисліть масу натрій хлориду та води, необхідні для приготування 250 г розчину з масовою часткою Na 6%.

(Відповідь: 38,1 г).

Задача 11. Для приведення пацієнта в стан свідомості при запамороченні використовують нашатирний спирт (водний розчин аміаку). Який об'єм газоподібного аміаку NH_3 необхідно розчинити у 50 г води для отримання розчину з масовою часткою аміаку 1%.

(Відповідь: 670 cm^3).

Задача 12. При пониженій кислотності у шлунку пацієнтам призначаються препарати на основі розведеної хлоридної кислоти. Який об'єм хлороводню необхідно розчинити у 500 мл води для отримання 0,1% розчину HCl .

(Відповідь: 307 cm^3).

Задача 13. Для проведення загальної анестезії під час операцій застосовують розчини хлороформу CHCl_3 . Обчисліть масову частку хлороформу у розчині, що утворився шляхом розчинення хлороформу об'ємом 5 л у воді масою 300 г.

(Відповідь: 8,2%).

Задача 14. Одним з видів фізіотерапевтичних процедур є оксигенотерапія. Який об'єм кисню необхідно розчинити у воді масою 350 г для отримання розчину з масовою часткою кисню 0,005%.

(Відповідь: 12,3 см³).

Задача 15. Газовану воду отримують шляхом розчинення газоподібного вуглекислого газу CO₂ у воді. Обчисліть масову частку вуглекислого газу у розчині, утвореного шляхом розчинення його об'ємом 0,5 л у воді масою 1500 г.

(Відповідь: 0,065%).

2 рівень

Задача 16. В медичній практиці застосовується фізіологічний розчин. Обчисліть масову частку натрій хлориду у розчині, що утворився при розчиненні 20 г солі у 400 г розчину з масовою часткою NaCl 5%.

(Відповідь: 9,5%).

Задача 17. При лікуванні захворювань шкіри використовують сполуки цинку. Яку масу цинк сульфату ZnSO₄ необхідно додати до 150 г розчину цинк сульфату з масовою часткою 5% для отримання розчину солі з масовою часткою 8%.

(Відповідь: 4,9 г).

Задача 18. Флуор є життєво необхідним елементом живлення організму людини. Обчисліть масову частку натрій фториду NaF у розчині, що утворився при розчиненні 5 г солі у 115 г розчину, з масовою часткою натрій фториду 3%.

(Відповідь: 7%).

Задача 19. Ацетилсаліцилова кислота в медичній практиці використовується в якості жарознижуючого препарату. Яку масу ацетилсаліцилової кислоти необхідно додати до 300 г розчину вказаного лікарського засобу з масовою часткою 3%, для отримання розчину з масовою часткою 5%.

(Відповідь: 6,3 г).

Задача 20. Глюкоза C₆H₁₂O₆ використовується в якості лікарського препарату при лікуванні цукрового діабету. Обчисліть масу даної сполуки, яку необхідно додати до 50 г розчину глюкози, з масовою часткою 5%, для отримання розчину з масовою часткою 12%.

(Відповідь: 4 г).

Задача 21. Офтальмолог для лікування пацієнтки призначив ізотонічний розчин натрій хлориду NaCl. Розрахуйте масову частку натрій хлориду в ізотонічному розчині, який приготували шляхом розчинення 5 г солі в 245 г розчину з масовою часткою натрій хлориду 10%.

(Відповідь: 11,8%).

Задача 22. Сірководень є нервовою отрутою; при великих концентраціях пригнічує центральну нервову систему. При отруєннях сірководнем рекомендують ніс, рот, горло прополоскати розчином натрій карбонату Na₂CO₃. Розрахуйте масу натрій карбонату, яку необхідно внести до 50 г 3% розчину для отримання розчину з масовою часткою 0,05.

(Відповідь: 1 г).

Задача 23. Масова частка натрій хлориду NaCl в кровозаміннику дорівнює 0,9%. Розрахуйте масу натрій хлориду, що її необхідно додати до 80 г розчину з масовою часткою солі 0,7% для отримання розчину з масовою часткою натрій хлориду 0,9%.

(Відповідь: 0,16 г).

Задача 24. Калій перманганат KmnO_4 використовується в медичній практиці у вигляді водного розчину для змазування опікових поверхонь. Обчисліть масову частку перманганату калію у розчині, що утворився шляхом додавання 20 г солі до 500 г 10% розчину перманганату калію.

(Відповідь: 13,5%).

Задача 25. “Свинцева вода”, що використовується при запальних процесах, містить 2% плумбум ацетату $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$. Розрахуйте масу плумбум ацетату та масу 0,6% розчину плумбум ацетату для одержання 100 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 2%.

(Відповідь: 1,4 г $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$; 98,6 г 0,6% розчину $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$).

Задача 26. Оцтова есенція – це 80% розчин оцтової кислоти CH_3COOH у воді. Розрахуйте, яку масу есенції необхідно використати для отримання 190 г 50% розчину оцтової кислоти.

(Відповідь: 118,8 г).

Задача 27. Для нейтралізації лугу, що попав в очі, застосовується розчин борної кислоти H_3BO_3 . Обчисліть масову частку борної кислоти у розчині, що утворився шляхом додавання 150 мл води до 100 г 1% розчину борної кислоти.

(Відповідь: 0,4%).

Задача 28. Розрахуйте масову частку розчиненої речовини у розчині, отриманому шляхом додавання 80 г води до 50 г 3% розчину натрій сульфату Na_2SO_4 .

(Відповідь: 1,2%).

Задача 29. Існує такий спосіб зберігання яблук: перед укладанням на зимове зберігання їх занурюють на декілька секунд в розчин кальцій хлориду CaCl_2 з масовою часткою 0,2%. Розрахуйте масу 0,5% розчину кальцій хлориду та води, необхідні для приготування 160 г розчину кальцій хлориду з масовою часткою розчиненої речовини 0,2%.

(Відповідь: 64 г 0,5% розчину CaCl_2 ; 96 г H_2O).

Задача 30. При виробництві ртентум ом в ортопедії як біосумісний матеріал застосовується 12% суспензія титан (IV) оксиду TiO_2 . Яку масу 60% суспензії титан (IV) оксиду та води необхідно використати для отримання 180 г суспензії з масовою часткою титан (IV) оксиду 12%.

(Відповідь: 36 г суспензії TiO_2 ; 144 г H_2O).

Задача 31. Розчин кальцій хлориду CaCl_2 з масовою часткою 5%, використовується в медицині як кровозупинний засіб. Розрахуйте масу кальцій хлориду дигідрату $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та масу води, необхідні для отримання 50 г розчину з масовою часткою кальцій хлориду 5%.

(Відповідь: 3,3 г $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 46,7 г H_2O).

Задача 32. Яку масу розчину з масовою часткою натрій карбонату Na_2CO_3 25% необхідно додати до води масою 500 г, щоб отримати розчин з масовою часткою натрій карбонату 5%.

(Відповідь: 125 г).

Задача 33. Змішали 250 г 10% і 750 г 15% розчину глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Розрахуйте масову частку глюкози в отриманому розчині.

(Відповідь: 13,8%).

Задача 34. Змішали 100 г 5% і 250 г 20% розчину магній сульфату MgSO_4 . Розрахуйте масову частку розчиненої речовини в отриманому розчині.
(Відповідь: 15,7%).

Задача 35. Розрахуйте масову частку хлоридної кислоти HCl у розчині, що утворився у результаті змішування 120 г 3% розчину кислоти з 80 г води.
(Відповідь: 1,8%).

Задача 36. Для зовнішньої обробки ран використовують розчини натрій хлориду NaCl з концентрацією 3%, 5%, 10%. Розрахуйте, який об'єм води необхідно додати до 50 г 20% розчину натрій хлориду для отримання:

- а) 3% розчину NaCl .
- б) 5% розчину NaCl .
- в) 10% розчину NaCl .

(Відповідь: 283 см^3 3% розчину; 150 см^3 5% розчину; 50 см^3 10% розчину).

Задача 37. Лікар призначив пацієнту 0,5% розчин йоду для санації ротової порожнини. В аптеці був лише 0,7% розчин. Скільки води і 0,7% розчину знадобиться, щоб фармацевт приготував 0,5 л 0,5% розчину йоду.
(Відповідь: 143 г H_2O ; 357 см^3 0,7% розчину йоду).

Задача 38. Для кращої дезінфекційної обробки приміщень використовують розчин барій хлориду BaCl_2 з масовою часткою 4%. Обчисліть масу 20% розчину барій хлориду та води, необхідні для приготування 500 г 4% розчину.
(Відповідь: 100 г 20% розчину BaCl_2 ; 400 г H_2O).

3 рівень

Задача 39. На фельдшерсько-акушерському пункті фельдшер використовує для дезінфекції медичного інвентарю слабкий розчин натрій гідроксиду NaOH . Визначте масову частку натрій гідроксиду у розчині, одержаному при змішуванні 250 г 6% і 450 г 13% розчинів NaOH .
(Відповідь: 10,5%).

Задача 40. При санітарно-гігієнічному дослідженні води на вміст хлоридів використовують розчин аргентум нітрату AgNO_3 , 1 л якого містить 5,78 г розчиненої речовини. Розрахуйте число йонів аргентуму, що міститься в 1 л такого розчину.
(Відповідь: $2 \cdot 10^{22}$).

Задача 41. Уявіть, що Ви – операційна сестра хірургічного блоку і Вам терміново необхідно приготувати 5% розчин калій перманганату KmnO_4 для обробки ран. Який об'єм розчину можна приготувати з 12 г кристалічного калій перманганату, якщо густина розчину $0,96 \text{ г/см}^3$.
(Відповідь: 250 см^3).

Задача 42. Ви – медична сестра лор-відділення і повинні приготувати розчин Люголя, що застосовується в лор-практиці для змащення слизової оболонки порожнини рота і горла. Масові частки йоду I_2 і калій йодиду KI в розчині Люголя мають бути відповідно 0,07% і 0,2%. Скільки грамів йоду і калій йодиду необхідно використати для приготування розчину, якщо маса розчину 20 г?
(Відповідь: 0,014 г I_2 ; 0,04 г KI).

Задача 43. В реанімаційне відділення потрапив хворий, що втратив багато крові. У цих випадках використовують 0,85% розчин NaCl ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$), який називається фізіологічним розчином. Яку масу солі та води необхідно використати для приготування 800 мл 0,85% розчину натрій хлориду.
(Відповідь: 6,8 г NaCl ; 793,2 г H_2O).

Задача 44. При опіках шкіри її зволожують 5% розчином купрум (II) сульфату CuSO_4 . Розрахуйте масу 20% розчину купрум (II) сульфату та води для виготовлення 100 г 5% розчину.

(Відповідь: 25 г 20% розчину CuSO_4 ; 75 г H_2O).

Задача 45. Для невротизації нервової тканини в стоматологічній практиці використовують пасту, яка містить арсен (III) оксид As_2O_3 . Розрахуйте масу арсен (III) оксиду та масу наповнювача для отримання 150 г пасту з масовою часткою діючої речовини 1%.

(Відповідь: 1,5 г As_2O_3 ; 148,5 г наповнювача).

Задача 46. Скільки необхідно йоду I_2 (г) та етилового спирту $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (см^3), густина якого $0,7 \text{ г/см}^3$, щоб приготувати 75 г 6% спиртового розчину йоду.

(Відповідь: 4,5 г I_2 ; $100,7 \text{ см}^3 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

Задача 47. У фізіотерапевтичному відділенні для проведення оздоровчих процедур застосовують розчини солей барію. Скільки грамів кристалогідрату складу $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ необхідно використати, для того щоб приготувати 0,7 кг 12% розчину BaCl_2 .

(Відповідь: 98,5 г).

Задача 48. Глауберову сіль складу $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ призначають для очищення організму від шлаків. У скількох молях води треба розчинити 40 г глауберової солі для одержання 7% розчину натрій сульфату.

(Відповідь: 11,8 моль).

Задача 49. З давніх часів при лікуванні ракових пухлин в медицині застосовують мідний купорос складу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Скільки моль мідного купоросу треба розчинити у 150 моль води для одержання 15% розчину купрум (II) сульфату.

(Відповідь: 18,7 моль).

Задача 50. При лікуванні хвороб очей використовують розчин калій йодиду KI . Розрахуйте, яку масу калій йодиду та води необхідно використати для приготування 50 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 0,1%.

(Відповідь: 0,05 г KI ; 49,95 г H_2O).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №4 РІВНОВАГА В РОЗЧИНАХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Тема 1. Гомогенна рівновага в розчинах електролітів

Активність йона a – величина, що пропорційна молярній концентрації йона C_m :

$$a = \gamma \cdot C_m \quad (4.1)$$

де a – активність йона (моль/л),

γ – коефіцієнт активності йона,

C_m – молярна концентрація (моль/л).

Йонна сила розчину – це величина, яка залежить від концентрації і зарядів всіх йонів, які знаходяться в розчині, і є мірою електростатичної взаємодії між ними. Йонну силу розчину можна виразити рівнянням:

$$I = 0,5 \cdot (C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \dots) \quad (4.2)$$

де I – йонна сила розчину,

C_1, C_2, C_3 – молярні концентрації йонів, які присутні в розчині, моль/л),
 Z_1^2, Z_2^2, Z_3^2 – заряди йонів, які присутні в розчині.

Коефіцієнт активності йона залежить від його заряду. В розведених розчинах з однаковою йонною силою коефіцієнти активності йонів з одним і тим же зарядом приблизно однакові. Тому, можна користуватися наближеними значеннями середніх коефіцієнтів активності γ для йонів з різними зарядами в залежності від йонної сили розчину.

Таблиця 1.

Наближені значення γ в залежності від I та заряду йонів

Заряд йона	Йонна сила розчину I							
	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
1	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,81	0,76	0,70
2	0,87	0,83	0,74	0,66	0,57	0,44	0,33	0,24
3	0,73	0,64	0,51	0,39	0,28	0,15	0,08	0,04
4	0,56	0,45	0,30	0,19	0,10	0,04	0,01	0,003

Для розведених розчинів електролітів з йонною силою $< 0,01$ залежність коефіцієнта активності γ від йонної сили виражається формулою Дебая і Гюккеля:

$$\lg \gamma = -0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{I} \quad (4.3)$$

Для розчинів електролітів з йонною силою $> 0,01$ рекомендується використовувати розширену формулу Дебая і Гюккеля:

$$\lg \gamma = -\frac{0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} \quad (4.4)$$

Константа дисоціації – специфічний тип константи рівноваги, яка показує схильність хімічної сполуки дисоціювати (розпадатися) зворотнім чином на компоненти. Для загальної реакції дисоціації:



Константа дисоціації визначається як:

$$K_{\text{дис.}} = \frac{[A]^x \cdot [B]^y}{[A_x B_y]} \quad (4.6)$$

де $K_{\text{дис.}}$ – константа дисоціації,

$[A]^x, [B]^y, [A_x B_y]$ – концентрації йонів А, В і сполуки $A_x B_y$ відповідно.

Між константою та ступенем дисоціації є зв'язок, відомий під назвою закону розведення Оствальда. Якщо концентрація бінарного електроліту становить C , а ступінь дисоціації – α , то концентрація недисоційованих

молекул $C \cdot (1-\alpha)$, а концентрація катіонів та аніонів становить $\alpha \cdot C$. Тоді вираз для константи дисоціації:

$$K_{\text{дис.}} = \frac{(\alpha \cdot C) \cdot (\alpha \cdot C)}{C \cdot (1-\alpha)} = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1-\alpha} \quad (4.7)$$

Для слабких електролітів ($\alpha \ll 1$) $K_{\text{дис.}} = \alpha^2 \cdot C$, звідси

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис.}}}{C}} \quad (4.8)$$

Водневий показник pH – величина, що показує міру активності йонів водню $[H^+]$ в розчині, тобто ступінь кислотності або лужності цього розчину. Обчислюється як від'ємний десятковий логарифм активності йонів $[H^+]$:

$$pH = -\lg[H^+] \quad (4.9)$$

Отже, для нейтральних розчинів значення pH рівне 7, для лужних – більше 7, для кислих – менше. Із значення pH можна розрахувати pOH:

$$pOH = 14 - pH \quad (4.10)$$

Тобто, $pH + pOH = 14$ або $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$.

Приклад 1.1 Купрум (II) сульфат $CuSO_4$ має дезінфікуючі, антисептичні, в'яжучі властивості, тому розчини даної солі використовують в медицині як антисептик. Обчисліть йонну силу розчину і активність йонів в 0,025 М розчині $CuSO_4$.

$I(CuSO_4) - ?$	Запишемо рівняння дисоціації купрум (II) сульфату:
$a(Cu^{2+}) - ? \quad a(SO_4^{2-}) - ?$	$CuSO_4 \leftrightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$.
$C_m(CuSO_4) = 0,025 \text{ М}$	Йонну силу розчину $CuSO_4$ знайдемо за формулою:
	$I = 0,5 \cdot (C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \dots)$
	$I(CuSO_4) = 0,5 \cdot (C(Cu^{2+}) \cdot Z(Cu^{2+})^2 + C(SO_4^{2-}) \cdot Z(SO_4^{2-})^2) =$
	$= 0,5 \cdot (0,025 \cdot 2^2 + 0,025 \cdot (-2)^2) = 0,1$
	За таблицею 1 знаходимо, що для йонів з зарядом, рівним 2, при $I = 0,1$ середній коефіцієнт активності становить $\gamma = 0,33$. Активність йонів Cu^{2+} та SO_4^{2-} обчислюємо за формулою: $a = \gamma \cdot C_m$;
	$a(Cu^{2+}) = a(SO_4^{2-}) = \gamma \cdot C_m(CuSO_4) = 0,33 \cdot 0,025 =$
	$= 8,25 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$
	Відповідь: $I(CuSO_4) = 0,1$;
	$a(Cu^{2+}) = a(SO_4^{2-}) = 8,25 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$

Приклад 1.2 Для нормалізації кислотності шлункового соку в малих кількостях застосовують розчин карбонатної кислоти H_2CO_3 . Розрахуйте константу дисоціації H_2CO_3 за першим ступенем, якщо ступінь її дисоціації становить 0,173%; молярна концентрація еквіваленту становить $C_m\left(\frac{1}{2}H_2CO_3\right) = 1 \text{ моль/л.}$

$K_{\text{дис.}}(H_2CO_3) - ?$	Запишемо рівняння дисоціації H_2CO_3 :
$A(H_2CO_3) = 0,173\% =$	$H_2CO_3 \leftrightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$
$= 1,7 \cdot 10^{-3}$	Молярну концентрацію розчину карбонатної кислоти
$C_m\left(\frac{1}{2}H_2CO_3\right) = 1 \text{ моль/л}$	

обчислюємо за формулою: $C_m = \frac{C_m \left(\frac{1}{2} H_2CO_3 \right)}{f} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ моль / л} \cdot$

Оскільки $\alpha \ll 1$, константу дисоціації карбонатної кислоти розраховуємо за формулою: $K_{\text{дис.}} = \alpha^2 \cdot C$.

$K_{\text{дис.}}(H_2CO_3) = \alpha^2 \cdot C_m(H_2CO_3) = (1,7 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 1,5 \cdot 10^{-6}$.

Відповідь: $K_{\text{дис.}}(H_2CO_3) = 1,5 \cdot 10^{-6}$.

Приклад 1.3 Як компонент у засобах для промивання носа використовують розчин натрій сульфату Na_2SO_4 . Визначити йонну силу розчину, отриманого при змішуванні 100 см^3 $0,1 \text{ М}$ розчину H_2SO_4 і 100 см^3 $0,2 \text{ М}$ розчину $NaOH$.

$I(Na_2SO_4) - ?$

$V(H_2SO_4) = 100 \text{ см}^3$

$C_m(H_2SO_4) = 0,1 \text{ моль/л}$

$V(NaOH) = 100 \text{ см}^3$

$C_m(NaOH) = 0,2 \text{ моль/л}$

Знаходимо кількість речовини H_2SO_4 та $NaOH$ у вихідних розчинах:

$\vartheta(H_2SO_4) = C_m(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4) = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01 \text{ моль}$

$\vartheta(NaOH) = C_m(NaOH) \cdot V(NaOH) = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 \text{ моль}$

З рівняння реакції

$H_2SO_4 + 2NaOH \leftrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

видно, що при змішуванні розчинів утвориться Na_2SO_4 в кількості $0,01 \text{ моль}$, оскільки

$\vartheta(H_2SO_4) : \vartheta(NaOH) : \vartheta(Na_2SO_4) = 1 : 2 : 1$.

Об'єм розчину після змішування становить:

$V_{\text{заг.}} = V(NaOH) + V(H_2SO_4) = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ л}$.

Обчислюємо концентрацію йонів Na^+ та SO_4^{2-} в отриманому розчині:

$[Na^+] = \frac{2 \cdot \vartheta(Na_2SO_4)}{V_{\text{заг.}}} = \frac{2 \cdot 0,01}{0,2} = 0,1 \text{ моль / л} \cdot$

$[SO_4^{2-}] = \frac{\vartheta(Na_2SO_4)}{V_{\text{заг.}}} = \frac{0,01}{0,2} = 0,05 \text{ моль / л} \cdot$

Йонну силу розчину Na_2SO_4 знайдемо за формулою:

$I = 0,5 \cdot (C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \dots)$

$I(Na_2SO_4) = 0,5 \cdot (C(Na^+) \cdot Z(Na^+)^2 \cdot 2 + C(SO_4^{2-}) \cdot Z(SO_4^{2-})^2) = 0,5 \cdot (0,1 \cdot 1^2 \cdot 2 + 0,025 \cdot (-2)^2) = 0,25$.

Відповідь: $I(Na_2SO_4) = 0,25$.

Приклад 1.4 Ферум (III) сульфат $Fe_2(SO_4)_3$ застосовують як лікарський засіб для лікування і профілактики ферумдефіцитної анемії. Розрахуйте значення активності йонів Fe^{3+} і SO_4^{2-} в $0,002 \text{ М}$ розчині $Fe_2(SO_4)_3$.

$A(Fe^{3+}) - ?$

$a(SO_4^{2-}) - ?$

$C_m(Fe_2(SO_4)_3) = 0,002 \text{ М}$

Запишемо рівняння дисоціації ферум (III) сульфату:

$Fe_2(SO_4)_3 \leftrightarrow 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$

Йонну силу розчину $Fe_2(SO_4)_3$ знайдемо за формулою:

$I = 0,5 \cdot (C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \dots)$.

$I(Fe_2(SO_4)_3) = 0,5 \cdot (C(Fe^{3+}) \cdot Z(Fe^{3+})^2 \cdot 2 + C(SO_4^{2-}) \cdot$

$\cdot Z(SO_4^{2-})^2 \cdot 3) = 0,5 \cdot (0,002 \cdot 3^2 \cdot 2 + 0,002 \cdot (-2)^2 \cdot 3) = 0,03$.

Оскільки $I > 0,01$ для обчислення коефіцієнтів активності йонів Fe^{3+} та SO_4^{2-} використовуємо розширену формулу Дебая і

Гюккеля: $\lg \gamma = - \frac{0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$

$$\lg \gamma (\text{Fe}^{3+}) = -\frac{0,5 \cdot 3^2 \cdot \sqrt{0,03}}{1 + \sqrt{0,03}} = -\frac{0,5 \cdot 9 \cdot 0,17}{1 + 0,17} = -0,65;$$

$$\gamma (\text{Fe}^{3+}) = 0,22;$$

$$\lg \gamma (\text{SO}_4^{2-}) = -\frac{0,5 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{0,03}}{1 + \sqrt{0,03}} = -\frac{0,5 \cdot 4 \cdot 0,17}{1 + 0,17} = -0,20;$$

$$\gamma (\text{SO}_4^{2-}) = 0,51.$$

Активність іонів обчислюємо за формулою: $a = \gamma \cdot C_m$

$$a(\text{Fe}^{3+}) = \gamma \cdot C_m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) \cdot 2 = 0,002 \cdot 0,22 \cdot 2 = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$a(\text{SO}_4^{2-}) = \gamma \cdot C_m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) \cdot 2 = 0,002 \cdot 0,51 \cdot 3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

Відповідь: $a(\text{Fe}^{3+}) = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$; $a(\text{SO}_4^{2-}) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$.

Приклад 1.5 Масляну кислоту $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ застосовують при отруєннях складними органічними речовинами. Константа дисоціації $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ становить $1,5 \cdot 10^{-5}$. Обчисліть ступінь дисоціації масляної кислоти в $0,005 \text{ M}$ розчині.

$\text{A}(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}) - ?$

$C_m(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}) = 0,005 \text{ M}$

$K_{\text{дис.}}(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH})$

$1,5 \cdot 10^{-5}$

Масляна кислота є слабким електролітом, тому для знаходження ступеня дисоціації використовуємо формулу: $K_{\text{дис.}} = \alpha^2 \cdot C$, звідси

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис.}}(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH})}{C_m(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH})}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{0,005}} = \sqrt{0,3 \cdot 10^{-2}} = 0,054$$

Відповідь: $\alpha = 0,054$

Приклад 1.6 В медицині широко використовують 10% водний розчин аміаку NH_3 . Розрахуйте концентрацію іонів водню і гідроксид іонів в розчині NH_4OH з молярною концентрацією $0,01 \text{ M}$, якщо константа дисоціації $1,8 \cdot 10^{-5}$.

$[\text{H}^+] - ?$ $[\text{OH}^-] - ?$

$C_m(\text{NH}_4\text{OH}) = 0,01 \text{ M}$

$K_{\text{дис.}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$

Амоній гідроксид у розчині дисоціює відповідно до рівняння хімічної реакції: $\text{NH}_4\text{OH} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

Запишемо вираз для константи дисоціації NH_4OH :

$$K_{\text{дис.}}(\text{NH}_4\text{OH}) = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

Нехай концентрація $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = x \text{ моль/л}$, тоді вираз для константи дисоціації матиме вигляд:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{(0,01 - x)}$$

Оскільки розчин амоній гідроксиду є слабким електролітом, $x \ll C_m$, тоді вираз константи дисоціації

$$\text{набуває вигляду: } 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,01}, \text{ звідси}$$

$$x = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01} = 4,2 \cdot 10^{-4}$$

Отже, $[\text{OH}^-] = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$.

Концентрація іонів водню і гідроксид-іонів пов'язана через водневий показник води: $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$, звідси

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{4,2 \cdot 10^{-4}} = 2,3 \cdot 10^{-9}.$$

Відповідь: $[H^+] = 2,3 \cdot 10^{-9}$ моль/л; $[OH^-] = 4,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Приклад 1.7 Кобальт (II) гідроксид використовують в медицині для лікування онкологічних захворювань. Розрахуйте рН 0,34% розчину кобальт (II) гідроксиду (густина розчину прийняти 1 г/см³). Константа дисоціації $Co(OH)_2$ $4 \cdot 10^{-5}$.

рН $Co(OH)_2$ – ? $\rho = 1$ г/см³ $K_{дис.}(Co(OH)_2) = 4 \cdot 10^{-5}$ $\omega(Co(OH)_2) = 0,34\%$	Молярну концентрацію розчину кобальт (II) гідроксиду обчислюємо за формулою: $C_m = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega\%}{M}$, $M_r(Co(OH)_2) = 93$ г/моль. $C_m(Co(OH)_2) = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega(Co(OH)_2)}{M(Co(OH)_2)} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 0,34\%}{93 \text{ г/моль}} = 3,6 \cdot 10^{-2}$. Розраховуємо концентрацію йона $[OH^-]$: $[OH^-] = \sqrt{K_{дис.} \cdot C_m(Co(OH)_2)} = \sqrt{4 \cdot 10^{-5} \cdot 3,6 \cdot 10^{-2}} = 0,0012 \text{ моль/л}$. рОН 0,34%-вого розчину кобальт (II) гідроксиду обчислюємо за формулою: $pOH = -\lg[OH^-] = -\lg 1,2 \cdot 10^{-2} = -(-3 + \lg 1,2) = 2,92$; $pH + pOH = 14$; $pH = 14 - pOH = 14 - 2,92 = 11,08$. Відповідь: рН $Co(OH)_2$ = 11,08.
--	---

Приклад 1.8 В медицині як антисептичний засіб застосовують розчин мурашиної кислоти. Обчисліть рН буферного розчину, що містить мурашину кислоту з молярною концентрацією 0,1 моль/л та формиат натрію ($HCOONa$) з молярною концентрацією 0,2 моль/л. Константа дисоціації $HCOOH$ $1,77 \cdot 10^{-4}$.

рН – ? $C_m(HCOOH) = 0,1$ М $C_m(HCOONa) = 0,2$ М $K_{дис.}(HCOOH) = 1,77 \cdot 10^{-4}$	Концентрацію йона $[H^+]$ для буферного розчину обчислюємо за формулою: $[H^+] = K_{дис.}(кислоти) \cdot \frac{C_m(кислоти)}{C_m(соли)}$; $[H^+] = K_{дис.}(HCOOH) \cdot \frac{C_m(HCOOH)}{C_m(HCOONa)} = 1,77 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,1 \text{ М}}{0,2 \text{ М}} = 8,85 \cdot 10^{-5}$ рН буферного розчину розраховуємо за формулою: $pH = -\lg[H^+] = -\lg 8,85 \cdot 10^{-5} = -(-5 + \lg 8,85) = 2,05$. Відповідь: рН = 2,05.
---	---

Тема 2. Гетерогенна рівновага в розчинах електролітів

Добуток розчинності (ДР) – добуток рівноважних концентрацій йонів у насиченому розчині малорозчинного сильного електроліту. Для загальної реакції дисоціації:



добуток розчинності визначається як:

$$DP(A_x B_y) = [A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y \quad (4.12)$$

де DP – добуток розчинності,

$[A^{y+}]^x$, $[B^{x-}]^y$ – концентрації йонів A^{y+} та B^{x-} .

Для кожного електроліту при певній температурі і в певному розчиннику DP є сталою величиною. Якщо добуток рівноважних концентрацій йонів у насиченому розчині дорівнює DP малорозчинного електроліту, то гетерогенна система перебуває у стані рівноваги. Малорозчинний електроліт випадає в осад, коли добуток рівноважних концентрацій йонів більший за значення DP :

$$[A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y > DP(A_x B_y) \quad (4.13)$$

Знаючи добуток розчинності електроліту, можна розрахувати його розчинність S (в моль/л або в г/л).

У загальному випадку малорозчинний електроліт дисоціює за схемою:



де Me – катіон, A – аніон (заряди йонів для спрощення не вказані), концентрації йонів Me і A становлять:

$$[Me] = m \cdot S \text{ моль/л та } [A] = n \cdot S \text{ моль/л;}$$

величина DP виразиться наступним рівнянням:

$$DP = (m \cdot S)^m \cdot (n \cdot S)^n \quad (4.15)$$

що представляє собою добуток концентрацій йонів малорозчинної солі, зведених в ступені відповідно до їх стехіометричних коефіцієнтів. Використовуючи формулу, можна обчислювати молярну розчинність та концентрації йонів в розчині.

Приклад 2.1 Барій сульфат $BaSO_4$ часто використовують при рентгенівських дослідженнях шлунково-кишкового тракту як рґентум омний у речовину, що ґрунтується на властивоств атомів барію добре поглинати рентгенівське випромінювання. Осад барій сульфату масою 0,7 г промили 200 мл води. Яка частка барій сульфату ($\omega\%$) перейшла у промивну воду, якщо вважати, що остання насичується $BaSO_4$?

$\Omega(BaSO_4) - ?$

$M(BaSO_4) = 0,7 \text{ г}$

$V(H_2O) = 0,2 \text{ л}$

$DP(BaSO_4) = 1,04 \cdot 10^{-10}$

Запишемо рівняння дисоціації барій сульфату:



Добуток розчинності буде визначатися як:

$$DP = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = 1,04 \cdot 10^{-5}, \text{ тобто } DP(BaSO_4) = S^2$$

Розраховуємо концентрацію $[Ba^{2+}]$ у розчині:

$$[Ba^{2+}] = \sqrt{DP(BaSO_4)} = \sqrt{1,04 \cdot 10^{-10}} = 1,04 \cdot 10^{-5}$$

Кількість речовини $[Ba^{2+}]$ обчислюємо за формулою:

$$\vartheta[Ba^{2+}] = C_m[Ba^{2+}] \cdot V(H_2O) = 1,04 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2 = 2,08 \cdot 10^{-4};$$

$$\vartheta[Ba^{2+}] = \vartheta(BaSO_4) = 2,08 \cdot 10^{-4};$$

Масу барій сульфату розраховуємо за формулою:

$$m = \vartheta \cdot M_r, M_r(BaSO_4) = 233 \text{ г/моль.}$$

$$M(BaSO_4) = \vartheta(BaSO_4) \cdot M_r(BaSO_4) = 2,08 \cdot 10^{-4} \cdot 233 \text{ г/моль} =$$

$$= 4,84 \cdot 10^{-2} \text{ г.}$$

Масова частка осаду, що перейшла у промивну воду

$$\text{становить: } \omega(\text{BaSO}_4) = \frac{4,84 \cdot 10^{-2}}{0,7} \cdot 100\% = 6,9\%$$

Відповідь: $\omega(\text{BaSO}_4) = 6,9\%$.

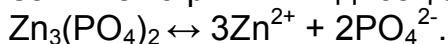
Приклад 2.2 У медицині цинк ортофосфат $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ застосовують для поліпшення зору. Добуток розчинності цинк ортофосфату $9,1 \cdot 10^{-33}$. Обчисліть молярну розчинність і концентрацію іонів в розчині $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$.

$S(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) - ?$

$[\text{Zn}^{2+}] - ?$ $[\text{PO}_4^{2-}] - ?$

ДР $(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = 9,1 \cdot 10^{-33}$

Запишемо рівняння дисоціації цинк ортофосфату:



Добуток розчинності буде визначатися як:

ДР $= [\text{Zn}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{2-}]^2 = 9,1 \cdot 10^{-33}$, оскільки $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ –

малорозчинний п'ятиіонний електроліт, то

$$\text{ДР}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = (3S)^3 \cdot (2S)^2 = 108S^5$$

Звідси обчислюємо розчинність цинк ортофосфату:

$$S = \sqrt[5]{\frac{\text{ДР}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2)}{108}} = \sqrt[5]{\frac{9,1 \cdot 10^{-33}}{108}} = \sqrt[5]{0,084 \cdot 10^{-33}} = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

Концентрація іонів в розчині $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ становить:

$$[\text{Zn}^{2+}] = 3 \cdot S = 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-7} = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

$$[\text{PO}_4^{2-}] = 2 \cdot S = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-7} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Відповідь: $S = 1,5 \cdot 10^{-7}$ моль/л; $[\text{Zn}^{2+}] = 4,5 \cdot 10^{-7}$;

$$[\text{PO}_4^{2-}] = 3 \cdot 10^{-7}$$

Приклад 2.3 В гомеопатії використовують аргентум нітрит AgNO_2 для видалення дрібних бородавок. Чи відбудеться осадження малорозчинного аргентум нітриту (ДР(AgNO_2)= $1,6 \cdot 10^{-4}$), за реакцією $\text{AgNO}_3 + \text{KNO}_2 \leftrightarrow \text{KNO}_3 + \text{AgNO}_2$ при змішуванні рівних об'ємів 0,02 М розчинів аргентум нітрату та калій нітриту?

$\text{AgNO}_2 \downarrow - ?$

$C_M(\text{AgNO}_2) = 0,02 \text{ М}$

$C_M(\text{KNO}_2) = 0,02 \text{ М}$

ДР(AgNO_2) = $1,6 \cdot 10^{-4}$

При змішуванні аргентум нітрату та калій нітриту загальний об'єм розчину збільшився вдвічі, а концентрація навпаки зменшилась у 2 рази, тобто вони будуть рівні 0,01М. Йонну силу розчину знайдемо за формулою:

$$I = 0,5 \cdot (C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \dots);$$

$$I = 0,5 \cdot (C(\text{Ag}^+) \cdot Z(\text{Ag}^+)^2 + C(\text{NO}_3^-) \cdot Z(\text{NO}_3^-)^2 + C(\text{K}^+) \cdot Z(\text{K}^+)^2 + C(\text{NO}_2^-) \cdot Z(\text{NO}_2^-)^2) = 0,5 \cdot (0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2) = 2 \cdot 10^{-2}$$

За таблицю 1 знаходимо, що для іонів з зарядом, рівним 1, при $I = 0,02$ середній коефіцієнт активності $\gamma = 0,87$.

Активність іонів Ag^+ та NO_2^- обчислюємо за формулою:

$$a = \gamma \cdot C_M;$$

$$a(\text{Ag}^+) = a(\text{NO}_2^-) = \gamma \cdot C_M(\text{AgNO}_2) = 0,87 \cdot 0,01 = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Концентрація іонів буде дорівнювати:

$$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NO}_2^-] = 8,7 \cdot 10^{-3} \cdot 8,7 \cdot 10^{-3} = 0,75 \cdot 10^{-4}$$

Оскільки ДР < $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NO}_2^-]$ – випаде осад $\text{AgNO}_2 \downarrow$.

Відповідь: AgNO_2 випаде в осад.

Приклад 2.4 Літій р'ген LiF широко застосовують для профілактики та лікування психозу. Змішали по 250 мл розчинів натрій фториду ($C_m=0,1$ моль/л) та літій нітрату ($C_m=0,2$ моль/л). Обчисліть масу утвореного осаду, якщо добуток розчинності LiF становить $1,5 \cdot 10^{-3}$.

$M(\text{LiF}) - ?$	Запишемо рівняння взаємодії натрій фториду та літій нітрату: $\text{NaF} + \text{LiNO}_3 \leftrightarrow \text{LiF} + \text{NaNO}_3$
$C_m(\text{NaF}) = 0,1 \text{ M}$	Загальний об'єм розчину буде становити:
$V(\text{NaF}) = 250 \text{ см}^3$	$V_{\text{заг.}} = V(\text{LiNO}_3) + V(\text{NaF}) = 0,25 + 0,25 = 0,5 \text{ л.}$
$C_m(\text{LiNO}_3) = 0,2 \text{ M}$	Знаходимо концентрації йонів $[\text{Li}^+]$ та $[\text{F}^-]$ у розчині:
$V(\text{LiNO}_3) = 250 \text{ см}^3$	$[\text{Li}^+] = \frac{C_m(\text{LiNO}_3) \cdot V(\text{LiNO}_3)}{V_{\text{заг.}}} = \frac{0,2 \text{ M} \cdot 0,25 \text{ л}}{0,5 \text{ л}} = 0,1 \text{ моль/л.}$
$DP(\text{LiF}) = 1,5 \cdot 10^{-3}$	$[\text{F}^-] = \frac{C_m(\text{NaF}) \cdot V(\text{NaF})}{V_{\text{заг.}}} = \frac{0,1 \text{ M} \cdot 0,25 \text{ л}}{0,5 \text{ л}} = 0,05 \text{ моль/л.}$
	Нехай в 1 л розчину міститься x моль осаду LiF, для цього потрібно x моль/л йонів Li^+ та F^- . Осад почне випадати, коли концентрація йонів у степені стехіометричних коефіцієнтів буде рівна DP:
	$DP(\text{LiF}) = [\text{Li}^+] \cdot [\text{F}^-]$
	Нехай було в 1 л розчину $0,1 \text{ M Li}^+$ та $0,05 \text{ M F}^-$ прореагувало x моль/л Li^+ та x моль/л F^- , тоді на момент рівноваги в 1 л розчину залишилося $(0,1-x) \text{ Li}^+$ та $(0,05-x) \text{ F}^-$. Складаємо рівняння:
	$(0,1-x) \cdot (0,05-x) = 1,5 \cdot 10^{-3};$
	$0,05 - 0,1x - 0,05x - x^2 = 0;$
	$x^2 - 0,15x + 0,0035 = 0.$
	Рівняння має два розв'язки: $x_1 = 1,2 \cdot 10^{-1}; x_2 = 3 \cdot 10^{-2}$.
	Значення $x_1 = 1,2 \cdot 10^{-1}$ перевищує вихідну концентрацію йонів, тому даний корінь є неправильним. Відповідно, із 1 л розчину випало $3 \cdot 10^{-2}$ моль/л осаду LiF. За умовою задачі об'єм розчину 0,5 л, тобто випало осаду вдвічі менше $1,5 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Масу літій фториду, який випав в осад, розраховуємо за формулою: $m = g \cdot M_r$,
	$M_r(\text{LiF}) = 26 \text{ г/моль};$
	$m(\text{LiF}) = g(\text{LiF}) \cdot M_r(\text{LiF}) = 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 26 = 0,39 \text{ г.}$
	Відповідь: $m(\text{LiF}) = 0,39 \text{ г.}$

Приклад 2.5 В медицині магній гідроксид $\text{Mg}(\text{OH})_2$ застосовують як ліки для нейтралізації кислотності в шлунку. Обчисліть розчинність магній гідроксиду за $\text{pH}=10$ (добуток розчинності становить $6 \cdot 10^{-10}$).

$S(\text{Mg}(\text{OH})_2) - ?$	Запишемо рівняння дисоціації магній гідроксиду:
$\text{pH}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 10$	$\text{Mg}(\text{OH})_2 \leftrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{OH}^-.$
$DP(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 6 \cdot 10^{-10}$	Добуток розчинності буде визначатися як:
	$DP = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 6 \cdot 10^{-10}.$
	Знаходимо концентрацію $[\text{OH}^-]$ в розчині при $\text{pH} = 10$:
	$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]; 10 = -\lg[\text{H}^+]$, отже $[\text{H}^+] = 10^{-10}.$
	$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$, звідси $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4} \text{ моль/л.}$

Концентрацію $[Mg^{2+}]$ обчислюємо з виразу ДР для магній гідроксиду: $[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = ДР$, звідси $[Mg^{2+}] = ДР / [OH^-]^2 = 6 \cdot 10^{-10} / (10^{-4})^2 = 6 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Відповідно, такою і буде розчинність $Mg(OH)_2$.
Відповідь: $S (Mg(OH)_2) = 6 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

Приклад 2.6 Розчин кальцій оксалату CaC_2O_4 входить до складу протиалергічних засобів. Розрахуйте розчинність кальцій оксалату ($ДР(CaC_2O_4) = 2,3 \cdot 10^{-9}$) в 0,01 М розчині кальцій хлориду. В скільки разів вона менша розчинності цієї ж сполуки у воді?

$S (CaC_2O_4) - ?$ $ДР(CaC_2O_4) = 2,3 \cdot 10^{-9}$ $C_M(CaC_2O_4) = 0,01 \text{ М}$	Запишемо рівняння дисоціації кальцій оксалату: $CaC_2O_4 \leftrightarrow Ca^{2+} + C_2O_4^{2-}$. Добуток розчинності буде визначатися як: $ДР = [Ca^{2+}] \cdot [C_2O_4^{2-}] = 2,3 \cdot 10^{-9}$, тобто $ДР(CaC_2O_4) = S^2$. Знаходимо розчинність кальцій оксалату у воді: $ДР(CaC_2O_4) = \sqrt{S} = \sqrt{2,3 \cdot 10^{-9}} = 4,8 \cdot 10^{-5}$. Якщо S – молярна розчинність CaC_2O_4 в 0,01М розчині $CaCl_2$, то концентрація йонів кальція $[Ca^{2+}] = (S + 0,01)$ моль/л, а концентрація йонів $[C_2O_4^{2-}] = S$. Отже, $(S + 0,01) \cdot S = 2,3 \cdot 10^{-9}$; $S^2 + 0,01 \cdot S = 2,3 \cdot 10^{-9}$. Враховуючи, що S^2 – дуже мала величина, нею можна знехтувати. Тоді $0,01 \cdot S = 2,3 \cdot 10^{-9}$, звідси $S = 2,3 \cdot 10^{-7}$. Відповідно, розчинність кальцій оксалату в 0,01 М розчині $CaCl_2$ менша його розчинності у воді в $4,8 \cdot 10^{-5} / 2,3 \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 10^2$ раз. Відповідь: $S = 2,3 \cdot 10^{-7}$ моль/л; у $2 \cdot 10^2$ раз.
--	---

Приклад 2.7 Для лікування хвороб щитовидної залози використовують барій йодат $Ba(IO_3)_2$. Обчисліть розчинність (в г/л) барій йодату ($ДР (Ba(IO_3)_2) = 2,8 \cdot 10^{-11}$) враховуючи коефіцієнти активності йонів.

$S (Ba(IO_3)_2) - ?$ $ДР(Ba(IO_3)_2) = 2,8 \cdot 10^{-11}$	Запишемо рівняння дисоціації кальцій оксалату: $Ba(IO_3)_2 \leftrightarrow Ba^{2+} + 2IO_3^-$. Добуток розчинності буде визначатися як: $ДР = [Ba^{2+}] \cdot [IO_3^-]^2 = 2,8 \cdot 10^{-11}$. Оскільки $Ba(IO_3)_2$ – малорозчинний р'єнтум омн електроліт, то $ДР (Ba(IO_3)_2) = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$. Звідси обчислюємо розчинність барій йодату: $S = \sqrt[3]{\frac{ДР(Ba(IO_3)_2)}{4}} = \sqrt[3]{\frac{2,8 \cdot 10^{-11}}{4}} = \sqrt[3]{0,7 \cdot 10^{-11}} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ Для р'єнтум омни електроліту йонна сила $I(Ba(IO_3)_2) = 1,9 \cdot 10^{-4} \cdot 3 = 5,73 \cdot 10^{-4}$. Оскільки, $I < 0,01$ для обчислення коефіцієнтів активності йонів Ba^{2+} та IO_3^- використовуємо формулу Дебая і Гюккеля: $\lg \gamma = -0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{I}$, $\lg \gamma (Ba^{2+}) = -0,5 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{I} = -0,5 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{5,73 \cdot 10^{-4}} = -0,046$, $\gamma (Ba^{2+}) = 0,90$.
---	--

$$\begin{aligned} \lg \gamma (\text{IO}_3^-) &= -0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{I} = -0,5 \cdot 1^2 \cdot \sqrt{5,73 \cdot 10^{-4}} = -0,0115, \\ \gamma (\text{IO}_3^-) &= 0,97. \\ \text{Отже, } [\text{Ba}^{2+}] &= S \cdot 0,90, [\text{IO}_3^-]^2 = (2 \cdot S \cdot 0,97)^2. \\ \text{Обчислюємо розчинність } \text{Ba}(\text{IO}_3)_2: \\ \text{ДР} &= S \cdot 0,90 \cdot (2 \cdot S \cdot 0,97)^2 = 4S^3 \cdot 0,90 \cdot (0,97)^2 = S^3 \cdot 3,384; \\ 2,8 \cdot 10^{-11} &= S^3 \cdot 3,384, \text{ звідси} \\ S &= \sqrt[3]{\frac{2,8 \cdot 10^{-11}}{3,384}} = \sqrt[3]{0,82 \cdot 10^{-11}} = 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \\ \text{Розчинність } \text{Ba}(\text{IO}_3)_2 &\text{ дорівнює:} \\ S (\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) &= 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \cdot 487 \text{ г/моль} = 0,098 \text{ г/л.} \\ \text{Відповідь: } S (\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) &= 0,098 \text{ г/л.} \end{aligned}$$

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1 рівень

Задача 1. В медичній практиці розчин алюміній сульфату $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ використовують як засіб для р'єгентом ран. Обчисліть йонну силу розчинів, коефіцієнти активності та активності йонів у розчині $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ з молярною концентрацією 0,003 М.

(Відповідь: $I=0,045$; $\gamma (\text{Al}^{3+})=0,15$; $\gamma (\text{SO}_4^{2-})=0,44$; $a(\text{Al}^{3+})=9 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $a(\text{SO}_4^{2-}) = 9,3 \cdot 10^{-3}$ моль/л).

Задача 2. Барій хлорид BaCl_2 використовується у фармації для виготовлення ряду барійвмісних препаратів. Розрахуйте значення активності йонів Ba^{2+} і Cl^- в 0,001 М розчині BaCl_2 .

(Відповідь: $a(\text{Ba}^{2+}) = 7,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $a(\text{Cl}^-) = 1,9 \cdot 10^{-3}$ моль/л).

Задача 3. Для видалення ороговілих ділянок шкіри (бородавок) використовують розчин натрій гідроксиду NaOH . Розрахуйте значення активності йонів Na^+ і OH^- в 0,001 М розчині NaOH .

(Відповідь: $a(\text{Na}^+) = a(\text{OH}^-) = 9,7 \cdot 10^{-4}$ моль/л).

Задача 4. Глауберову сіль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ застосовують як проносний засіб. Обчисліть йонну силу розчину, в 1 л якого міститься 21,65 г Na_2SO_4 .

(Відповідь: $I = 0,45$).

Задача 5. Калій хлорид KCl використовують для зміцнення серцевого м'язу людини (у дуже маленьких дозах). В 1 л розчину міститься 38,5 г KCl . Обчисліть йонну силу розчину.

(Відповідь: $I = 0,52$).

Задача 6. Для зниження потовиділення застосовують калій-алюмінієвий сульфат $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$. Обчисліть йонну силу розчину, якщо в 2 л міститься 43,2 г $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$.

(Відповідь: $I = 0,747$).

Задача 7. Для виготовлення силікатвмісних медичних препаратів використовують калій силікат K_2SiO_3 . Визначить йонну силу розчину, отриманого при змішуванні 100 см³ 0,2 М розчину H_2SiO_3 і 100 см³ 0,3 М розчину KOH .

(Відповідь: $I = 0,4$).

Задача 8. Фторидну кислоту HF часто використовують при костоїді (запалення і омертвіння кістки). Обчисліть ступінь дисоціації і рівноважну концентрацію йонів $[H^+]$ в 0,01 М розчині фторидної кислоти (HF). Константа дисоціації складає $6,8 \cdot 10^{-4}$. (Відповідь: $\alpha = 0,26$; $[H^+] = 0,0026$ моль/л).

Задача 9. Мурашина (метанова) кислота HCOOH характеризується дезінфікуючою, знезаражувальною дією. Вона застосовується для лікування таких захворювань, як ревматизм, радикуліт. Константа дисоціації мурашиної кислоти () $2,1 \cdot 10^{-4}$. Обчисліть її ступінь дисоціації в 0,02 М розчині. (Відповідь: $\alpha = 0,032$).

Задача 10. Як антидот при отруєнні ціанідами використовують нітритну кислоту HNO₂. Константа дисоціації HNO₂ складає $5 \cdot 10^{-4}$. Обчисліть ступінь дисоціації і рівноважну концентрацію йонів водню $[H^+]$ для 0,05 М розчину цієї кислоти.

(Відповідь: $\alpha = 0,1$; $[H^+] = 0,005$ моль/л).

Задача 11. Нітратну кислоту HNO₃ застосовують для лікування шкіряних утворень. Визначте pH 0,05М розчину нітратної кислоти.

(Відповідь: 1,3).

Задача 12. В медицині до складу сірководневих ванн входить розчин сульфідної кислоти H₂S. Визначте константу дисоціації і pH для розчину сульфідної кислоти $C_m \left(\frac{1}{2} H_2S \right) = 0,4 \text{ моль/л}$, якщо ступінь дисоціації 0,132%.

(Відповідь: $K_{дис.}(H_2S) = 3,3 \cdot 10^{-5}$; $pH = 1,58$).

2 рівень

Задача 13. Для виробництва медичних препаратів використовують сульфатну кислоту H₂SO₄. Ступінь дисоціації децимолярного розчину сульфатної кислоти 15%. Визначте константу дисоціації і pH розчину H₂SO₄.

(Відповідь: $K_{дис.}(H_2SO_4) = 2,6 \cdot 10^{-3}$; $pH = 1,82$).

Задача 14. Хромову кислоту H₂CrO₄ застосовують при шкірних захворюваннях зовнішньо як антисептичний (протимікробний) і фунгіцидний (протигрибковий) засіб. Обчисліть pH 0,74% розчину хромової кислоти, якщо густина розчину рівна 1 г/см³.

(Відповідь: 1,2).

Задача 15. Розчин хлоридної кислоти HCl (3%) застосовують зовнішньо у вигляді компресів і примочок при лікуванні гнійних ран. Визначте pH розчину хлоридної кислоти, якщо ступінь дисоціації 1, а молярна концентрація $2 \cdot 10^{-3}$ М.

(Відповідь: 2,7).

Задача 16. При лікуванні кислотних опіків застосовують розчин калій гідроксиду KOH. Обчисліть pH 0,002М розчину калій гідроксиду ($\alpha = 0,50$).

(Відповідь: 11).

Задача 17. Оцтову кислоту CH₃COOH використовують як жарознижуючий та безпечний засіб. Обчисліть pH буферного розчину, що складається з 0,03М розчину оцтової кислоти і 0,1М розчину ацетату натрію. Константа дисоціації CH₃COOH $1,76 \cdot 10^{-5}$.

(Відповідь: 3,27).

Задача 18. Калій ацетат CH₃COOK використовують в замісній терапії при діабетичному р'єнтум омн через його здатність розкладатися на бікарбонати й знижувати рівень кислотності. Обчисліть pH буферного розчину

враховуючи, що $C_M(\text{CH}_3\text{COOH}) = C_M(\text{CH}_3\text{COOK}) = 0,1$ моль/л, а $K_{\text{дис}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,76 \cdot 10^{-5}$.

(Відповідь: 4,75).

Задача 19. Цинк гідроксид $\text{Zn}(\text{OH})_2$ входить до складу мазей, паст, присипок, які використовуються при шкірних захворюваннях. Визначте рН розчину цинк гідроксиду, якщо ступінь дисоціації 0,03, а молярна концентрація 0,01 М.

(Відповідь: 3,52).

Задача 20. В медицині магній хлорид MgCl_2 використовують для лікування суглобів. Обчисліть йонну силу і активність йонів в 0,01М розчині MgCl_2 , який також містить 0,005 моль/л MgSO_4 .

(Відповідь: $I=0,05$; $a(\text{Mg}^{2+})=6,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $a(\text{SO}_4^{2-})=2,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л;

$a(\text{Cl}^-)=1,62 \cdot 10^{-2}$ моль/л).

Задача 21. Силікатну кислоту H_2SiO_3 застосовують в препаратах для зміцнення стінок судин. Обчисліть рН 0,28% розчину силікатної кислоти, якщо густина розчину становить 1г/см³.

(Відповідь: 1,44).

Задача 22. Основним компонентом судинозвужувальних препаратів є ферум (II) гідроксид $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Константа дисоціації $\text{Fe}(\text{OH})_2$ становить $1,3 \cdot 10^{-4}$. Обчисліть концентрацію йона $[\text{OH}^-]$ 0,56% розчину ферум (II) гідроксиду, якщо густина розчину рівна 1 г/см³. (Відповідь: $3 \cdot 10^{-3}$).

Задача 23. Купрум (II) гідроксид $\text{Cu}(\text{OH})_2$ застосовується для лікування радикуліту та поліартриту; він входить до складу ряду препаратів для зовнішнього застосування. Розрахуйте рН 0,45% розчину купрум (II) гідроксиду (густина розчину прийняти рівною 1 г/см³). $K_d(\text{Cu}(\text{OH})_2)=3,4 \cdot 10^{-7}$.

(Відповідь: 10,01).

Задача 24. Синільну кислоту HCN широко використовують у ветеринарній медицині. Розрахуйте концентрацію йонів Гідрогену в розчині HCN ($C_M = 10^{-3}$ М), якщо ступінь дисоціації $4,2 \cdot 10^{-3}$.

(Відповідь: $4,2 \cdot 10^{-6}$ моль/л).

Задача 25. Аргентум хлорид AgCl застосовують у якості антисептичних і в'яжучих засобів. Визначте, чи випаде осад аргентум хлорид, якщо змішати 20 см³ 0,01М розчину калій хлориду та 5 см³ 0,001М розчину аргентум нітрату? Добуток розчинності AgCl $1,78 \cdot 10^{-10}$.

(Відповідь: $DP < [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$ – осад випаде).

Задача 26. В медицині плюмбум (II) сульфат PbSO_4 використовують у формі примочок та мазей. Осад плюмбум сульфату масою 0,5 г промили 200 см³ води. Яка частка плюмбум сульфату перейшла у промивну воду, якщо вважати, що остання насичується PbSO_4 ?

(Відповідь: 1,58%).

Задача 27. Аргунтум ортофосфат Ag_3PO_4 застосовують для виготовлення зубних пломб, стоматологічних мостів та протезів. Обчисліть розчинність і концентрацію йонів в розчині Ag_3PO_4 . Добуток розчинності аргунтум ортофосфату $1,3 \cdot 10^{-20}$.

(Відповідь: $S = 4,7 \cdot 10^{-6}$ моль/л; $[\text{Ag}^+] = 1,41 \cdot 10^{-5}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 4,7 \cdot 10^{-6}$).

Задача 28. Барій карбонат BaCO_3 використовують у психіатрії. Розрахуйте молярну розчинність і концентрацію йонів в розчині BaCO_3 . Добуток розчинності барій карбонату $4,9 \cdot 10^{-9}$.

(Відповідь: $S = [\text{Ba}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = 7 \cdot 10^{-5}$ моль/л).

Задача 29. Плюмбум (II) хлорид $PbCl_2$ використовують в медицині для зовнішнього застосування при лікуванні ушкоджень шкіри. Розрахуйте концентрацію йонів в розчині плюмбум (II) хлориду, якщо добуток розчинності $PbCl_2$ $1,6 \cdot 10^{-5}$.

(Відповідь: $[Pb^{2+}] = 1,5 \cdot 10^{-2}$; $[Cl^-] = 3 \cdot 10^{-2}$).

Задача 30. Розчин аргентум сульфату Ag_2SO_4 застосовують в медицині, як антисептичний засіб. В 1 л насиченого розчину аргентум сульфату міститься 7,7 г солі. Розрахуйте добуток розчинності Ag_2SO_4 .

(Відповідь: $1,5 \cdot 10^{-5}$).

Задача 31. В психіатричній медицині як стабілізатор настрою використовують літій карбонат Li_2CO_3 . В 1 л насиченого розчину літій карбонату міститься 5,3 г солі. Обчисліть добуток розчинності Li_2CO_3 .

(Відповідь: $1,6 \cdot 10^{-4}$).

Задача 32. Як ргентум омний препарат застосовують розчин магній сульфату $MgSO_3$. Розрахуйте добуток розчинності магній сульфату, якщо в 1 л насиченого розчину $MgSO_3$ міститься 1,2 г солі.

(Відповідь: $8,8 \cdot 10^{-5}$).

Задача 33. Скандій (III) гідроксид $Sc(OH)_3$ використовують для виготовлення високоякісних зубних протезів. Обчисліть розчинність (в г/л) скандій (III) гідроксиду (ДР ($Sc(OH)_3$) $= 8,7 \cdot 10^{-28}$) з урахуванням коефіцієнтів активності йонів. (Відповідь: $7,3 \cdot 10^{-6}$ г/л).

Задача 34. Препарати, що містять аргентум карбонат Ag_2CO_3 , в гомеопатії призначають при тривалих захворюваннях, що сильно виснажують нервову систему. Розрахуйте розчинність (в г/л) аргентум карбонату (ДР (Ag_2CO_3) $= 8,2 \cdot 10^{-12}$) з урахуванням коефіцієнтів активності йонів.

(Відповідь: 0,036 г/л).

Задача 35. Хромат стронцію $SrCrO_4$ застосовують в променевій терапії. Добуток розчинності хромату стронцію $3,6 \cdot 10^{-5}$. Розрахуйте розчинність (в г/л) сполуки.

(Відповідь: 2,04 г/л).

Задача 36. Кальцій сульфат $CaSO_4$ використовують в ортопедії, травматології та хірургії для виготовлення гіпсових пов'язок, що забезпечують фіксацію окремих частин тіла. Чи утвориться осад кальцій сульфату (ДР($CaSO_4$) $= 9,1 \cdot 10^{-6}$), при змішуванні рівних об'ємів 0,02 М розчинів кальцій нітрату та натрій сульфату?

(Відповідь: $ДР < [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]$ – осад випаде).

3 рівень

Задача 37. Манган (II) оксалат MnC_2O_4 застосовують при лікуванні сечокам'яної хвороби. Обчисліть розчинність манган (II) оксалату (в г/л) у воді, якщо добуток розчинності MnC_2O_4 становить $5,0 \cdot 10^{-6}$.

(Відповідь: 0,314 г/л).

Задача 38. Магній оксалат MgC_2O_4 у деяких випадках використовують як препарат проносної дії. Розрахуйте розчинність магній оксалату (ДР(MgC_2O_4) $= 8,6 \cdot 10^{-5}$) в 0,01М розчині магній хлориду. У скільки раз вона менша розчинності цієї ж сполуки у воді?

(Відповідь: $S = 8,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л; у 0,92 раз).

Задача 39. Барій ортофосфат $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ застосовують при виготовленні спеціального медичного скла. Обчисліть розчинність барій ортофосфату у 0,005 М розчині магній сульфату. $\text{ДР}(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = 6,0 \cdot 10^{-39}$.

(Відповідь: $1,57 \cdot 10^{-8}$ моль/л).

Задача 40. Кадмій карбонат CdCO_3 застосовують в гомеопатії, експериментальній медицині, а також при створенні нових протипухлинних препаратів. Розрахуйте розчинність кадмій карбонату у розчині хлоридної кислоти (0,005 М). Добуток розчинності CdCO_3 $5,2 \cdot 10^{-12}$.

(Відповідь: $2,46 \cdot 10^{-6}$ моль/л).

Задача 41. Стронцій сульфід SrSO_3 використовують як аплікатор при лікуванні хвороб шкіри та очей. Осад стронцій сульфіту масою 0,83 г промили 150 см^3 води. Яка частка осаду перейшла у промивну воду, якщо вважати, що остання насичується SrSO_3 ? Добуток розчинності стронцій сульфіту $4 \cdot 10^{-8}$.

(Відповідь: 1,17 %).

Задача 42. Нікель (II) гідроксид $\text{Ni}(\text{OH})_2$ використовують в зубопротезній медицині. Обчисліть розчинність нікель (II) гідроксиду, якщо $\text{pH} = 11$, а добуток розчинності $1,6 \cdot 10^{-4}$.

(Відповідь: $1,6 \cdot 10^2$ моль/л).

Задача 43. Розчин р'єнтум йодид AgI входить до складу протигнильних засобів. Змішали по 250 см^3 розчинів аргентум нітрату ($C_m = 0,1$ моль/л) та калій йодиду ($C_m = 0,2$ моль/л). Обчисліть масу утвореного осаду, якщо добуток розчинності AgI становить $8,3 \cdot 10^{-15}$.

(Відповідь: 5,8 г).

Задача 44. Плюмбум (II) йодид PbI_2 широко використовують в медичній діагностиці. Визначте, чи випаде осад плюмбум (II) йодид при 25°C після змішування 150 см^3 0,003М розчину плюмбум (II) нітрату та 250 см^3 0,01М розчину калій йодиду.

(Відповідь: PbI_2 випаде в осад).

Задача 45. В медицині ферум (II) карбонат FeCO_3 використовують у якості лікарського засобу при лікуванні анемічної хвороби. Добуток розчинності ферум (II) сульфід FeS $5,0 \cdot 10^{-18}$. Обчисліть масу осаду, що утворюється внаслідок змішування по 270 см^3 розчинів ферум (II) карбонату ($C_m = 0,2$ моль/л) та купрум сульфід $(C_m = 0,3 \text{ моль/л})$.

(Відповідь: 26,4 г).

Задача 46. Магній (II) ортофосфат $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ застосовують в кардіології, неврології та гастроентерології. Обчисліть молярну розчинність і концентрацію іонів в розчині магній (II) ортофосфату. Добуток розчинності $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ $1,0 \cdot 10^{-13}$.

(Відповідь: $S = 1,5 \cdot 10^{-2}$ моль/л; $[\text{Mg}^{2+}] = 4,5 \cdot 10^{-2}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 3 \cdot 10^{-2}$).

Задача 47. При діагностиці онкологічних захворювань використовують розчин хром (III) гідроксиду $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Добуток розчинності $\text{Cr}(\text{OH})_3$ $6,3 \cdot 10^{-31}$. Розрахуйте розчинність хром (III) гідроксиду при $\text{pH} = 10$.

(Відповідь: $6,3 \cdot 10^{-23}$ моль/л).

Задача 48. Для очищення нирок використовують розчин кобальт (II) карбонату CoCO_3 . Обчисліть розчинність (в г/л) кобальт (II) карбонату у воді, якщо добуток розчинності $1,4 \cdot 10^{-12}$.

(Відповідь: $1,42 \cdot 10^{-4}$ г/л).

Задача 49. Меркурій (II) сульфід HgS використовують в хірургії як антисептик. Розрахуйте концентрацію йона $[\text{Hg}^{2+}]$ в розчині меркурій (II) сульфиду, якщо добуток розчинності HgS $1,6 \cdot 10^{-52}$.
(Відповідь: $1,3 \cdot 10^{-26}$).

Задача 50. Розчин плюмбум (II) ортофосфату $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ застосовують в медицині як протитуберкульозний засіб. Обчисліть концентрацію йона $[\text{Pb}^{2+}]$ в розчині плюмбум (II) ортофосфату, якщо добуток розчинності $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ $7,9 \cdot 10^{-43}$.
(Відповідь: $2,82 \cdot 10^{-8}$).

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Константи дисоціації деяких кислот та основ у водних розчинах

Формула	$K_{дис.}$	Формула	$K_{дис.}$
HAIO ₂	$6 \cdot 10^{-13}$	HN ₃	$2,6 \cdot 10^{-5}$
H ₃ AsO ₃	$5,7 \cdot 10^{-10}$	HNO ₂	$5,13 \cdot 10^{-4}$
H ₃ AsO ₄	(I) $5,6 \cdot 10^{-3}$ (II) $1,05 \cdot 10^{-7}$	HNO ₃	$4,36 \cdot 10^{-4}$
H ₃ BO ₃	(I) $5,98 \cdot 10^{-10}$ (II) $1,8 \cdot 10^{-13}$	H ₂ O	$1,8 \cdot 10^{-16}$
H ₂ B ₄ O ₇	$1,8 \cdot 10^{-4}$	H ₂ O ₂	$2,4 \cdot 10^{-12}$
HBr	$1 \cdot 10^{+9}$	H ₃ PO ₂	$7,9 \cdot 10^{-2}$
HbrO	$2,5 \cdot 10^{-9}$	H ₃ PO ₃	(I) $1,6 \cdot 10^{-2}$ (II) $6,3 \cdot 10^{-7}$
HbrO ₃	$2 \cdot 10^{-1}$	H ₃ PO ₄	(I) $7,6 \cdot 10^{-3}$ (II) $6,2 \cdot 10^{-8}$ (III) $4,2 \cdot 10^{-13}$
HCN	$5,2 \cdot 10^{-10}$	H ₂ S	(I) $1,05 \cdot 10^{-7}$ (II) $1,23 \cdot 10^{-13}$
HCNS	$1,4 \cdot 10^{-1}$	H ₂ SO ₃	(I) $1,58 \cdot 10^{-2}$ (II) $6,31 \cdot 10^{-8}$
H ₂ CO ₃	(I) $4,45 \cdot 10^{-7}$ (II) $4,68 \cdot 10^{-11}$	H ₂ SO ₄	(I) $1 \cdot 10^{+3}$ (II) $1,2 \cdot 10^{-2}$
HCOOH	$1,77 \cdot 10^{-4}$	H ₂ S ₂ O ₃	$2,5 \cdot 10^{-1}$
CH ₃ COOH	$1,86 \cdot 10^{-5}$	H ₂ Se	(I) $1,7 \cdot 10^{-4}$ (II) $1,0 \cdot 10^{-11}$
HCl	$1 \cdot 10^{+7}$	H ₂ SeO ₃	(I) $2,45 \cdot 10^{-3}$ (II) $4,79 \cdot 10^{-9}$
HCIO	$5,0 \cdot 10^{-8}$	H ₂ SiO ₃	(I) $2,2 \cdot 10^{-10}$ (II) $1,6 \cdot 10^{-12}$
HCIO ₂	$1,1 \cdot 10^{-2}$	H ₄ SiO ₄	(I) $1,3 \cdot 10^{-10}$ (II) $1,6 \cdot 10^{-12}$
HCIO ₃	$\approx 10^{+3}$	H ₂ Te	(I) $2,29 \cdot 10^{-3}$
HCIO ₄	$\approx 10^{+8}$		
H ₂ CrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-1}$		
HF	$6,67 \cdot 10^{-4}$		
HI	$1 \cdot 10^{+11}$		
HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$		
HIO ₃	$1,7 \cdot 10^{-1}$		
HIO ₄	$2,5 \cdot 10^{-2}$		

Продовж. табл. 1

Формула	$K_{\text{дис.}}$	Формула	$K_{\text{дис.}}$
HMnO_4	$2 \cdot 10^{-2}$		(II) $6,76 \cdot 10^{-13}$
H_2TeO_3	(I) $1,35 \cdot 10^{-4}$ (II) $2,00 \cdot 10^{-11}$	LiOH	$6,75 \cdot 10^{-1}$
AgOH	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	(II) $2,5 \cdot 10^{-3}$
$\text{Al}(\text{OH})_3$	(III) $1,38 \cdot 10^{-9}$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	(II) $5,9 \cdot 10^{-4}$
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	(II) $2,3 \cdot 10^{-1}$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,79 \cdot 10^{-5}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	(II) $4,3 \cdot 10^{-2}$	$\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
$\text{Co}(\text{OH})_2$	(II) $4 \cdot 10^{-5}$	NaOH	5,9
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	(II) $3,4 \cdot 10^{-7}$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	(II) $2,5 \cdot 10^{-5}$
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	(II) $1,3 \cdot 10^{-4}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	(I) $9,55 \cdot 10^{-4}$ (II) $3,0 \cdot 10^{-8}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	(II) $1,82 \cdot 10^{-11}$	$\text{Sr}(\text{OH})_2$	(II) $1,5 \cdot 10^{-1}$
$\text{Hg}(\text{OH})_2$	(I) $4,0 \cdot 10^{-12}$	TlOH	$> 1 \cdot 10^{-1}$
$\text{La}(\text{OH})_3$	(III) $5,2 \cdot 10^{-4}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$4,4 \cdot 10^{-5}$

Таблиця 2

Добуток розчинності деяких малорозчинних у воді сполук

Сполука	ДР	Сполука	ДР
AgBr	$6,3 \cdot 10^{-13}$	HgCl ₂	$1,5 \cdot 10^{-18}$
AgCN	$1,4 \cdot 10^{-16}$	HgS (чорн.)	$1,6 \cdot 10^{-52}$
AgCNS	$1,1 \cdot 10^{-12}$	Li ₂ CO ₃	$3,98 \cdot 10^{-3}$
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	MgCO ₃	$2,1 \cdot 10^{-5}$
AgI	$8,3 \cdot 10^{-15}$	Mg(OH) ₂	$6,8 \cdot 10^{-12}$
Ag ₂ S	$6,3 \cdot 10^{-50}$	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1,0 \cdot 10^{-13}$
Ag ₂ SO ₄	$1,6 \cdot 10^{-5}$	Mn(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-13}$
Al(OH) ₃	$5,7 \cdot 10^{-32}$	MnS (зел.)	$2,5 \cdot 10^{-13}$
AuCl ₃	$3,2 \cdot 10^{-25}$	NiCO ₃	$1,3 \cdot 10^{-7}$
BaCO ₃	$4,9 \cdot 10^{-9}$	Ni(OH) ₂	$1,6 \cdot 10^{-4}$
BaF ₂	$1,7 \cdot 10^{-6}$	NiS	$9,3 \cdot 10^{-22}$
BaSO ₃	$8,0 \cdot 10^{-7}$	PbCO ₃	$3,3 \cdot 10^{-14}$
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	PbCl ₂	$1,7 \cdot 10^{-5}$
CaCO ₃	$4,8 \cdot 10^{-9}$	PbS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
CaSO ₄	$2,4 \cdot 10^{-5}$	PbSO ₄	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Cd(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-14}$	PtCl ₄	$8,0 \cdot 10^{-29}$
CdS	$7,9 \cdot 10^{-27}$	PtS	$8,0 \cdot 10^{-73}$
Cr(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-31}$	Sc(OH) ₃	$8,7 \cdot 10^{-28}$
Cu(OH) ₂	$5,6 \cdot 10^{-20}$	SnS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
Cu(OH) ₂ CO ₃	$1,7 \cdot 10^{-34}$	SrSO ₄	$3,2 \cdot 10^{-7}$
CuS	$1,4 \cdot 10^{-36}$	Zn(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-17}$
FeSO ₃	$2,5 \cdot 10^{-11}$	ZnCO ₃	$1,45 \cdot 10^{-11}$
FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$	ZnS	$1,6 \cdot 10^{-24}$

Таблиця 3

Константи нестійкості деяких комплексних іонів

<i>Рівняння дисоціації комплексу</i>	<i>K</i>	<i>pK</i>	<i>Йонна сила</i>
$\text{Ag}(\text{CN})_2^- \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$	21,00	0
$\text{Ag}(\text{CN})_3^{2-} \leftrightarrow \text{Ag}(\text{CN})_2^- + \text{CN}^-$	$2,0 \cdot 10^{-1}$	0,70	0
$\text{AgEdta}^{3-} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{Edta}^{4-}$	$4,79 \cdot 10^{-8}$	7,32	0,1
$\text{AlF}_6^{3-} \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + 6\text{F}^-$	$1,45 \cdot 10^{-20}$	19,84	0,53
$\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+} \leftrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 2\text{OH}^-$	$1,86 \cdot 10^{-22}$	21,73	0
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ \leftrightarrow \text{AgNH}_2^+ + \text{NH}_3$	$1,20 \cdot 10^{-4}$	3,92	0
$\text{AgCl}_2^- \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{Cl}^-$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	5,62	0
$\text{Au}(\text{CN})_2^- \leftrightarrow \text{Au}^+ + 2\text{CN}^-$	$5,01 \cdot 10^{-39}$	38,30	0
$\text{BaTart} \leftrightarrow \text{Ba}^{2+} + \text{Tart}^{3-}$	$2,88 \cdot 10^{-2}$	2,54	0
$\text{BeOH}^+ \leftrightarrow \text{Be}^{2+} + \text{OH}^-$	$3,31 \cdot 10^{-8}$	7,48	0
$\text{CaCit}^- \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Cit}^{3-}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$	4,90	0
$\text{CaHSal}^+ \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HSal}$	$4,37 \cdot 10^{-1}$	0,36	0
$\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-} \leftrightarrow \text{Cd}(\text{CN})_3^- + \text{CN}^-$	$6,46 \cdot 10^{-4}$	3,19	0
$\text{CdI}_4^{3-} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{I}^-$	$7,94 \cdot 10^{-7}$	6,10	0
$\text{Cd}(\text{NH}_3)_3^{2+} \leftrightarrow \text{Cd}(\text{NH}_3)_2^{2+} + \text{NH}_3$	$5,10 \cdot 10^{-2}$	1,30	0
$\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$	6,56	0
$\text{Cd}(\text{Ox})_2^{3-} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{Ox}^{2-}$	$1,70 \cdot 10^{-2}$	1,77	0
$\text{Co}(\text{NH}_3)_3^{2+} \leftrightarrow \text{Co}(\text{NH}_3)_2^{2+} + \text{NH}_3$	$1,17 \cdot 10^{-1}$	0,93	0
$\text{Co}(\text{NH}_3)_4^{3+} \leftrightarrow \text{Co}(\text{NH}_3)_3^{2+} + \text{NH}_3$	$2,29 \cdot 10^{-1}$	0,64	0
$\text{Cr}(\text{OH})_2^+ \leftrightarrow \text{CrOH}^{2+} + \text{OH}^-$	$7,94 \cdot 10^{-11}$	10,10	0
$\text{Cr}(\text{OH})^{2+} \leftrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{OH}^-$	$1,59 \cdot 10^{-8}$	7,80	0
$\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-} \leftrightarrow \text{Cu}(\text{CN})_3^{2-} + \text{CN}^-$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,70	0
$\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-} \leftrightarrow \text{Cu}^+ + 4\text{CN}^-$	$5,13 \cdot 10^{-31}$	30,29	0
$\text{CuOH}^+ \leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{OH}^-$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,00	0

Рівняння дисоціації комплексу	K	pK	Йонна сила
$\text{FeCl}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^-$	$3,31 \cdot 10^{-2}$	1,48	0
$\text{FeCl}_2^+ \leftrightarrow \text{FeCl}^{2+} + \text{Cl}^-$	$2,24 \cdot 10^{-1}$	0,65	0
$\text{FeCl}_3 \leftrightarrow \text{FeCl}_2^+ + \text{Cl}^-$	$10 \cdot 10^0$	-1,00	0
$\text{Fe(OH)}_2^+ \leftrightarrow \text{FeOH}^{2+} + \text{OH}^-$	$1,82 \cdot 10^{-11}$	10,74	0
$\text{Fe(CN)}_6^{4-} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-24}$	24,00	0
$\text{Fe(CN)}_6^{3-} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-31}$	31,00	0
$\text{FeF}_2^+ \leftrightarrow \text{FeF}^{2+} + \text{F}^-$	$1,20 \cdot 10^{-4}$	3,92	0
$\text{FeOH}^+ \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{OH}^-$	$2,00 \cdot 10^{-6}$	5,70	0
$\text{HgCl}^+ \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + \text{Cl}^-$	$1,82 \cdot 10^{-7}$	6,74	0
$\text{HgCl}_2 \leftrightarrow \text{HgCl}^+ + \text{Cl}^-$	$3,31 \cdot 10^{-7}$	6,48	0
$\text{HgCl}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$6,03 \cdot 10^{-16}$	15,22	0
$\text{HgCN}^+ \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + \text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-18}$	18,00	0
$\text{Hg(CN)}_2 \leftrightarrow \text{HgCN}^+ + \text{CN}^-$	$2,0 \cdot 10^{-17}$	16,70	0
$\text{Hg(CN)}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$3,02 \cdot 10^{-42}$	41,52	0
$\text{Hg(CNS)}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{CNS}^-$	$1,29 \cdot 10^{-22}$	21,89	0
$\text{Hgl}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Hgl}_3^- + \text{I}^-$	$4,27 \cdot 10^{-3}$	2,37	0
$\text{Hgl}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$1,38 \cdot 10^{-30}$	29,86	0
$\text{MgNH}_3^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_3$	$5,89 \cdot 10^{-1}$	0,23	2,0
$\text{MgOH}^+ \leftrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{OH}^-$	$2,63 \cdot 10^{-3}$	2,58	0
$\text{MnOx} \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Ox}^{2-}$	$1,51 \cdot 10^{-4}$	3,82	0
$\text{Ni(CN)}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-22}$	22,00	0
$\text{NiNH}_3^{2+} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{NH}_3$	$2,14 \cdot 10^{-3}$	2,67	0
$\text{Ni(NH}_3)_2^{2+} \leftrightarrow \text{NiNH}_3^{3+} + \text{NH}_3$	$7,59 \cdot 10^{-3}$	2,12	0
$\text{Ni(NH}_3)_3^{2+} \leftrightarrow \text{Ni(NH}_3)_2^{2+} + \text{NH}_3$	$2,45 \cdot 10^{-2}$	1,61	0
$\text{Ni(NH}_3)_6^{2+} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$9,77 \cdot 10^{-9}$	8,01	0
$\text{NiOH}^+ \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{OH}^-$	$8,71 \cdot 10^{-6}$	5,06	0
$\text{NiOx} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{Ox}^{2-}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	5,30	0
$\text{Ni(Ox)}_2^{2-} \leftrightarrow \text{NiOx} + \text{Ox}^{2-}$	$4,57 \cdot 10^{-3}$	2,34	0
$\text{PbHCit} \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{HCit}^{2-}$	$1,19 \cdot 10^{-6}$	5,72	0

Продовж. таб. 3

$\text{PbCit}^- \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{Cit}^{3-}$	$3,16 \cdot 10^{-7}$	6,50	0
$\text{PbEdta}^{2-} \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{Edta}^{4-}$	$9,12 \cdot 10^{-39}$	18,04	0,1
$\text{PbOH}^+ \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{OH}^-$	$6,03 \cdot 10^{-7}$	6,22	0
$\text{SnOH}^+ \leftrightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{OH}^-$	$1,17 \cdot 10^{-12}$	11,93	0
$\text{SrOH}^+ \leftrightarrow \text{Sr}^{2+} + \text{OH}^-$	$1,10 \cdot 10^{-1}$	0,96	0
$\text{TiOEdta}^{2-} \leftrightarrow \text{TiO}^{2+} + \text{Edta}^{4-}$	$5,0 \cdot 10^{-18}$	17,30	0,1
$\text{Zn(CN)}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-15}$	16,00	0
$\text{Zn(CNS)}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{CNS}^-$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1,30	0
$\text{Zn(NH}_3)_2^{2+} \leftrightarrow \text{ZnNH}_3^{2+} + \text{NH}_3$	$5,62 \cdot 10^{-3}$	2,25	0
$\text{Zn(NH}_3)_3^{2+} \leftrightarrow \text{Zn(NH}_3)_2^{2+} + \text{NH}_3$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	2,31	0
$\text{Zn(NH}_3)_4^{2+} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,00 \cdot 10^{-9}$	8,70	0
$\text{ZnOH}^+ \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{OH}^-$	$2,00 \cdot 10^{-6}$	5,70	0
$\text{Zn(OH)}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$	$7,08 \cdot 10^{-16}$	15,15	0

Позначення:

Cit^{3-} – цитрат-іон $\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}(\text{COO})_3^{3-}$; Tart^{2-} – тартрат-іон $(\text{CHOH})_2(\text{COO})_2^{2-}$;

Edta^{4-} – етилендіамінтетраацетат-іон $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2(\text{CH}_2\text{COO})_4^{4-}$; Ox^{3-} – оксалат-іон $\text{C}_2\text{O}_4^{3-}$; Sal^{2-} – саліцилати-іон $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}(\text{COO})^{2-}$; Ssal^{3-} –сульфосаліцилат-іон $\text{C}_6\text{H}_3\text{O}(\text{COO})\text{SO}_3^{2-}$.

Навчальне видання

Клименко Світлана Олександрівна

**ЗБІРНИК ЗАДАЧ
З БІОНЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ**

Навчальний посібник для студентів
вищих медичних навчальних закладів I-II рівнів акредитації
спеціальності „**Сестринська справа**” та “**Лікувальна справа**”

Суми: СумДПУ, 2014
Свідоцтво ДК №231 від 01.11.2000 р.

Відповідальна за випуск **А. А. Сбруєва**
Комп'ютерний набір та верстка **С. О. Клименко**

Здано в набір 25.12.2013. Підписано до друку 27.01.2014.
Формат 60x84/16. Гарн. Arial. Друк ризогр.
Папір друк. Умовн. друк. арк. 3,9. Обл.-вид арк. 4,2.
Тираж 100 прим. Вид. № 9.

Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка
40002, м. Суми, вул. Роменська, 87

Виготовлено на обладнанні СумДПУ імені А. С. Макаренка