

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

Г. М. Розанцев, С. В. Радіо, О. Ю. Пойманова, Н. І. Гумерова

## КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ

Вінниця  
ДонНУ  
2016

УДК 546  
ББК Г24.1  
Р 64

**Автори:**

*Г. М. Розанцев*, д-р хім. наук, доц., завідувач кафедри неорганічної хімії ДонНУ;  
*С. В. Радіо*, канд. хім. наук, завідувач науково-дослідної частини ДонНУ, в. о. завідувача кафедри аналітичної хімії ДонНУ;  
*О. Ю. Пойманова*, науковий співробітник НДЧ ДонНУ;  
*Н. І. Гумерова*, канд. хім. наук, старший науковий співробітник НДЧ кафедри неорганічної хімії ДонНУ.

**Рецензенти:**

*О. М. Швед*, д-р хім. наук, доцент., в. о. завідувача кафедри органічної хімії ДонНУ;  
*Є. І. Гетьман*, д-р хім. наук, проф., головний науковий співробітник НДЧ кафедри аналітичної хімії ДонНУ.

*Затверджено*

*на засіданні Вченої ради Донецького національного університету  
(протокол № 4 від 18 грудня 2015 р.)*

**Розанцев Г. М.**

Р 64 **Концентрації розчинів:** навчальний посібник із загальної хімії (для студентів 1 курсу денного відділення хімічного факультету СО «Бакалавр» напряму підготовки «Хімія»)/ укладачі: Г. М. Розанцев, С. В. Радіо, О. Ю. Пойманова, Н. І. Гумерова. – Вінниця: ДонНУ, 2016. – 61 с.

У навчальному посібнику викладено теоретичний матеріал для вивчення модуля «Концентрації розчинів», наведено питання для самопідготовки, приклади розв'язання задач. Наведено варіанти індивідуальних завдань для самостійного розв'язання.

Навчальний посібник складено для студентів 1 курсу денного відділення хімічного факультету здобувачів ступеня освіти «Бакалавр» напряму підготовки «Хімія». Посібник можна використовувати під час вивчення курсів «Загальна хімія», «Неорганічна хімія», «Аналітична хімія». Матеріал посібника буде у нагоді учням старших класів і ліцеїв із поглибленим вивченням хімії під час підготовки до вступу на хімічні факультети та при підготовці до участі у всеукраїнських і міжнародних олімпіадах і конкурсах з хімії.

**УДК 546**  
**ББК Г24.1**

© Розанцев Г. М., 2016  
© Радіо С. В., 2016  
© Пойманова О. Ю., 2016  
© Гумерова Н. І., 2016  
© ДонНУ, 2016

## Шановні студенти!

У навчальному посібнику викладено теоретичний матеріал для вивчення теми «Концентрації розчинів» курсу «Загальна хімія» і наведено приклади розв'язання задач різних типів, що будуть корисними під час вивчення різних курсів хімії у вищій школі. Передумовою для написання посібника став той факт, що найслабшим місцем підготовки випускників загальноосвітніх шкіл є невміння розв'язувати навіть стандартні хімічні задачі.

Посібник складається з 5 розділів, серед яких «Теоретичний матеріал до вивчення теми «Концентрації розчинів»», «Лабораторні роботи», містить задачі та вправи для самоконтролю, 15 варіантів завдань для самостійної роботи, додатки з необхідними довідковими величинами та список рекомендованої літератури для докладнішого вивчення питань курсу. З огляду на важливість лабораторного практикуму, три представлені лабораторні роботи у посібнику містять докладний опис порядку виконання робіт, теоретичний матеріал та варіанти завдань для виконання.

Для студентів хімічного факультету ступеня освіти «Бакалавр» напряму підготовки «Хімія», аспірантів і викладачів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації. Посібник можна використовувати під час вивчення курсів «Загальна хімія», «Неорганічна хімія», «Аналітична хімія» тощо. Матеріал буде корисний учням старших класів і ліцеїв із поглибленим вивченням природничих наук при підготовці до всеукраїнських і міжнародних хімічних олімпіад і конкурсів.

Ми наперед вдячні усім колегам і студентам, котрі, ознайомившись із матеріалом посібника, повідомлять нам про помилки та неточності у розрахунках, яких ми припустились.

*Із глибокою повагою,  
автори.*

## 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ»

**Розчини** – гомогенні суміші, що містять два або більше за два компоненти. Слід зазначити, що реальні розчини завжди містять більше ніж два компоненти. Дійсно, дуже важко уявити, наприклад, абсолютно чисту воду або абсолютно чисту питну соду як складові двокомпонентного розчину. Насправді домішки, що обов'язково містять ці речовини, також входять до складу розчину та збільшують його компонентність. Можна вважати, що в такому розчині є основні компоненти, до яких відносяться вода та сода, і неосновні – домішки, наявністю яких практично завжди нехтують. У такому випадку розчин соди у воді вважається двокомпонентним.

Окрім того, компоненти розчину досить часто реагують між собою, наприклад сода гідролізує у воді. І в цьому випадку збільшенням компонентів нехтують, тим більше що гідроліз відбувається в дуже малому ступені й домішки інших за основні йонів незначні.

Нарешті, речовина при розчиненні дуже часто дисоціює на іони. Так, молекул солей, сильних кислот, лугів у розчині взагалі немає. Тобто розчин нітратної кислоти насправді не дво-, а, як мінімум, трикомпонентний, тому що містить воду, катіон Гідрогена та нітрат-аніон. І все це за умови неврахування більш складних компонентів – іонних пар, іонних трійок, іонних квадруполів тощо.

Таким чином, поняття про компонентність розчину практично завжди сильно формалізоване і включає тільки ті компоненти, які були вихідними при створенні такого розчину. Наприклад: розчин питної соди, нітратна кислота, розчин аміаку. Формально вважають, що всі вони є двокомпонентними розчинами.

Якщо в таких розчинах відбувається хімічна реакція, то майже завжди реагує розчинена речовина, а ще точніше, в більшості випадків – її йони. Це не означає, що розчинник обов'язково інертний і ніколи не вступає в хімічну взаємодію, або молекулярна форма розчиненої речовини не може реагувати в розчині. Ні, такі випадки відомі, але зустрічаються вони не так вже й часто, особливо коли розчинником є вода або інший полярний розчинник. Отже, коли мідь реагує з нітратною кислотою, в рівнянні реакції буде наведено  $H^+$  та  $NO_3^-$  як складові частини розчиненої речовини – гідрогена нітрата, а не саму кислоту, яка є сумішшю води та гідрогену нітрату!

У випадку двокомпонентного розчину один із компонентів належить до розчинників, а другий – до розчинених речовин. Яким же чином проводять віднесення компонентів розчину до розчинника та розчиненої речови-

ни? В першу чергу враховують агрегатний стан компонентів у порівнянні з агрегатним станом розчину. Вважають, що розчинник зберігає свій агрегатний стан у розчині. Така ситуація буде дуже характерною для рідких розчинів. Наприклад, при розчиненні мідного купоросу, що має твердий агрегатний стан, у воді, яка є рідкою, утворюється рідкий розчин. Тобто вода буде розчинником, а мідний купорос – розчиною речовиною. Але такий підхід не працює, якщо і компоненти, і розчин мають однаковий агрегатний стан. В цьому випадку розчинником буде той компонент, якого в розчині більше за масою або об'ємом у залежності від агрегатного стану розчину. Наприклад, антифриз, який діє до температури  $-20^{\circ}\text{C}$  складається, з 40 об. % етандіолу (етиленгліколю) та з 60 об. % (об. % – об'ємні проценти) води. Це означає, що в такому розчині вода буде розчинником, а етандіол – розчиною речовиною.

Майте на увазі, що віднесення компонентів розчину досить умовне. Так, розчин води та спирту, що має за об'ємом склад 55 об. % спирту та 45 об. %  $\text{H}_2\text{O}$ , за масою буде мати 49 мас. % спирту та 51 мас. % води. То який же з компонентів віднести до розчинника? Якщо склад розчину враховувати за об'ємом, то – спирт, якщо за масою, то – воду. В принципі, це питання не настільки принципове, щоб навколо нього розгортати велику дискусію. У більшості випадків, якщо розглядаються розчини, одним із компонентів яких є вода, саме вода, незалежно від наведених вище міркувань, вважається розчинником. Це не дуже точно, проте зручно, тому останнє за звичаєм і переважає.

За агрегатним станом розчини можуть бути газуватими, рідкими та твердими (Рис. 1). Так, атмосфера є газуватим розчином, в якому азот можна вважати розчинником, а інші гази, в першу чергу кисень – розчиненими речовинами. Водопровідна вода – рідкий розчин, в якому вода – розчинник, а мінеральні солі – розчинені речовини (точніше не самі солі, а йони, на які вони дисоціюють у розчині). Мінеральна вода, крім компонентів водопровідної, містить ще й газуватий  $\text{CO}_2$  як одну з розчинених речовин.

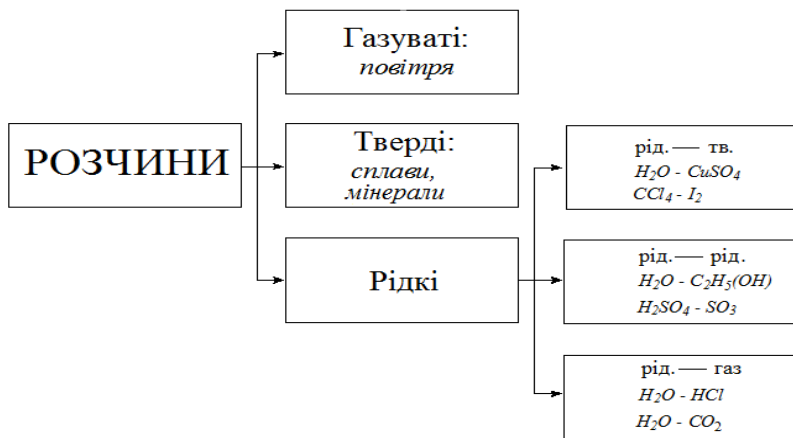


Рис. 1 – Класифікація розчинів за агрегатним станом

Зазвичай, у рідких розчинах не враховують наявність розчиненого в них повітря. Практично всі мінерали можна розглядати як тверді розчини. Так, в шесліті  $(Ca, Fe)WO_4$  компонентами твердого розчину заміщення є  $CaWO_4$  та  $FeWO_4$ . Паладій широко використовують як каталізатор гідрування та дегідрування, тому що  $H_2$  дуже добре розчиняється в решітці металевого паладію з утворенням розчинів занурення. Більшість матеріалів для радіоелектроніки є твердими розчинами. Зрозуміло, що обмежень на агрегатний стан як самих розчинів, так і їхніх компонентів, немає. Навіть холодну плазму з одного боку можна розглядати як четвертий стан речовини, а з іншого – як розчин йонів у газі.

За розміром частинок компонентів розчину, розчини поділяють на *істинні*, що мають розмір на рівні розміру молекул та йонів (менше за  $10^{-9}$  м), *колоїдні*, що мають розмір на рівні міцел (від  $10^{-7}$  до  $10^{-9}$  м) та до *грубодисперсні* (якщо розмір більший за  $10^{-7}$  м) (Рис. 2).



Рис. 2 – Класифікація за розміром частинок

Істинні розчини однофазні. За своїми хімічними властивостями вони нагадують хімічні сполуки, а не механічні суміші. В першу чергу хімічні властивості задає розчинена речовина, а в меншому ступені – розчинник. Але, на відміну від індивідуальних сполук, розчини не мають сталого складу і відносяться до фаз, що мають змінний склад. Певною мірою їх можна розглядати як нестехіометричні сполуки, причому вони ближчі до бертолідів, ніж до дальтонідів.

Змінний склад розчинів вимагає характеризувати їх кількісно, що й досягається застосуванням такої величини, як концентрація розчину. **Концентрація** – це величина, що вказує на співвідношення між кількістю розчиненої величини та розчинника в розчині. Концентрацією можна охарактеризувати будь-який розчин, на відміну від *розчинності*, яка характеризує концентрацію лише в насиченому розчині.

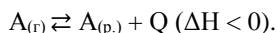
За співвідношенням між концентрацією і розчинністю розчини можна класифікувати наступним чином:

– *розведені* розчини мають концентрацію, що набагато відрізняється від розчинності, тому такі розчини будуть ненасиченим;

– *концентровані* розчини мають концентрацію, що незначно відрізняється від розчинності;

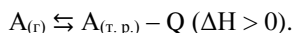
– *насичені* розчини – це такі, в яких існує гетерогена динамічна рівновага між розчином та твердою розчиною речовиною. Для характеристики саме таких розчинів і використовують не концентрацію, а розчинність.

Розчинність залежить від таких факторів, як природа розчиненої речовини та розчинника, температура та тиск. Останні два фактори перш за все слід враховувати у випадку розчинення газів в рідині та твердій фазі.



Для такої рівноважної системи можна скористатися принципом Ле Шательє. Отже, з підвищенням температури розчинність газу у рідині знижується (процес екзотермічний), а з підвищенням тиску – зростає (об'єм розчину набагато менший за об'єм газу).

Газ у твердій фазі розчиняється з деформацією решітки та частковою дисоціацією газу.



У цій системі з підвищенням тиску та температури розчинність газу зростає.

Співвідношення між розчиною речовиною й розчинником можна характеризувати різними величинами, тому й існує досить багато різноманіт-

них способів виразу концентрації розчину. Є сенс розглянути тільки ті, які знайшли в хімії найбільше використання.

Якщо у насиченому розчині розчинити ще трішечки розчиненої речовини, то система стає нерівноважною, а розчин відносять до *пересичених*. Ось чому некоректно говорити, що у насиченому розчині концентрація максимально можлива.

У першу чергу від концентрацій, які, згідно з рекомендаціями IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry – Міжнародний союз фундаментальної та прикладної хімії), повинні мати розмірність, треба відокремити частки, які, як відомо, є відносними величинами і в принципі не можуть мати розмірності. Але їх традиційно відносять до умовних концентрацій, тому вони й будуть розглянуті в цьому розділі. **Частка** – це частина від цілого, яка змінюється від 0 до 1. Якщо частку помножити на 100, вона перетворюється у процент. Залежно від величини, якою задається ціле, частки бувають масові, об'ємні та мольні.

*Масова частка* – маса розчиненої речовини в 1 г розчину:

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{р}}} = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{реч}} + m_{\text{роз}}}.$$

*Масовий процент* – масова частка розчиненої речовини у процентах або маса розчиненої речовини в 100 г розчину.

$$\omega_{\%} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{m_{\text{р}}}, \text{ мас. \%}.$$

*Об'ємна частка* – об'єм розчиненої речовини в одиниці об'єму розчину.

$$\varphi = \frac{V_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{V_{\text{реч}}}{V_{\text{реч}} + V_{\text{роз}}}.$$

*Об'ємний процент* – об'єм розчиненої речовини в 100 об'ємах розчину.

$$\varphi_{\%} = \frac{V_{\text{реч}} \cdot 100}{V_{\text{р}}}, \text{ об. \%}.$$

*Мольна частка* – кількість розчиненої речовини в 1 моль розчину.

$$\chi = \frac{V_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{V_{\text{реч}}}{V_{\text{реч}} + V_{\text{роз}}}.$$

*Мольний процент* – кількість розчиненої речовини в 100 моль розчину.



$$\chi_{\%} = \frac{v_{\text{реч}} \cdot 100}{V_{\text{р}}}, \text{ мол. \%}.$$

Склад газуватих і рідких розчинів можна задавати будь-якою з наведених часток. У випадку газоподібних розчинів перевагу слід віддати об'ємній або мольній часткам, а у випадку рідких – масовій частці. Склад твердих розчинів можна задавати масовими або мольними частками, що на практиці однаково зручно.

Серед офіційно визнаних IUPAC способів виразу концентрацій найпростішими за використанням є: молярна концентрація (молярність), молярна концентрація еквіваленту (нормальність), молярність, титр.

*Молярна концентрація* (або *молярність*) – кількість розчиненої речовини в 1 л розчину.

$$C_{\text{М}} = \frac{v_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot V_{\text{р}}} = \frac{N_{\text{реч}}}{N_{\text{А}} \cdot V_{\text{р}}}, \text{ моль/л.}$$

*Молярна концентрація еквіваленту* (або *нормальність*) – кількість моль-еквівалентів розчиненої речовини в 1 л розчину.

$$C_{\text{Н}} = \frac{v_{\text{Е реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{m_{\text{реч}}}{E \cdot V_{\text{р}}}, \text{ моль/л.}$$

*Молярність* – кількість розчиненої речовини в 1 кг розчинника.

$$C_{\text{м}} = \frac{v_{\text{реч}} \cdot 1000}{m_{\text{роз}}} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 1000}{M \cdot m_{\text{роз}}}, \text{ моль/кг.}$$

У цьому виразі в чисельнику з'являється 1 000, якщо маса розчинника ( $m_{\text{роз}}$ ) задається в грамах.

*Титр* – маса розчиненої речовини в грамах в 1 мл розчину.

$$T = \frac{m_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}}, \text{ г/мл.}$$

Нормальність та титр знайшли широке використання в аналітичній хімії. Більшість розрахунків у кількісному аналізі виконують за законом еквівалентів, при цьому, якщо реакція відбувається в розчині, то у виразі закону присутня нормальність. Титр виявився зручною формою виразу концентрації в прикладній аналітичній хімії та в основному застосовується в заводських лабораторіях.

Молярність та моляльність поряд із мольною часткою – це концентрації, без яких важко уявити собі фізичну хімію. Значна кількість законів цієї хімії для розчинів базується саме на цих способах виразу концентрації.

Органічна та неорганічна хімія, які надають дослідникам об'єкт дослідження, використовують закони фізичної хімії, прийоми та методи аналізу аналітичної хімії, і, таким чином, мають справу з будь-якими способами виразу концентрацій. Слід також зауважити, що молярність виявилась найбільш універсальною для будь-яких розділів хімії. Це й не дивно, бо саме вона дозволяє швидко знайти кількість речовини та проводити розрахунки за рівняннями реакцій.

Під час приготування розчинів у лабораторії доводиться спочатку розв'язувати невеличкі теоретичні задачі. Деякі з них має сенс розглянути нижче.

**Приклад 1.** Визначте маси компонентів, потрібні для приготування 150 мл 7,5 %-го розчину КОН ( $\rho = 1,07$  г/мл).

**Розв'язання.** Для приготування таких розчинів слід розрахувати маси  $\text{H}_2\text{O}$  та КОН, при змішуванні яких утвориться 7,5 %-й розчин. Для цього скористаємось формулою  $\omega = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{m_{\text{р}}}$ , а щоб знайти масу розчину:

$$m_{\text{р}} = V_{\text{р}} \cdot \rho = 150 \cdot 1,07 = 160,5 \text{ (г)}.$$

$$\text{Тепер можна визначити } m_{\text{реч}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{р}}}{100} = \frac{7,5 \cdot 160,5}{100} = 12,0 \text{ (г)}.$$

Маса  $\text{H}_2\text{O}$  знаходиться за різницею мас:  $m_{\text{роз}} = m_{\text{р}} - m_{\text{реч}} = 160,5 - 12 = 148,5$  (г).

Таким чином, для приготування цього розчину беруть 12 г КОН та розчиняють їх в 148,5 мл  $\text{H}_2\text{O}$ , враховуючи, що для  $\text{H}_2\text{O}$   $m_{\text{р}} = V$ , оскільки  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1$  г/мл.

**Приклад 2.** У 64 мл води розчинили 16 г NaOH та отримали розчин з  $\rho = 1,22$  г/мл. Визначте  $\omega$ ,  $C_{\text{М}}$ ,  $C_{\text{Н}}$ , та  $C_{\text{м}}$  отриманого розчину.

**Розв'язання.** Щоб знайти  $\omega$  використаємо формули:

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{m_{\text{р}}} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{m_{\text{реч}} + m_{\text{роз}}} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{m_{\text{реч}} + V_{\text{роз}} \cdot \rho_{\text{роз}}} = \frac{16 \cdot 100}{16 + 64 \cdot 1} = 20 \%.$$

Молярність знайдемо за формулою:

$$C_{\text{М}} = \frac{V_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M_{\text{реч}} \cdot V_{\text{р}}} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 1000 \cdot \rho_{\text{р}}}{M_{\text{реч}} \cdot (m_{\text{реч}} + m_{\text{роз}})} = \frac{16 \cdot 1000 \cdot 1,22}{40 \cdot (16 + 64)} = 6,1 \text{ (моль/л)}.$$

Нормальність розрахуємо за формулою:

$$C_H = \frac{V_E}{V_p} = \frac{m_{\text{реч}}}{E \cdot V_p}, \text{ для NaOH } E = M, \text{ тому що кислотність цієї основи}$$

дорівнює одиниці. Тоді:

$$C_H = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 1000 \cdot \rho_p}{E \cdot (m_{\text{реч}} + m_{\text{роз}})} = \frac{16 \cdot 1000 \cdot 1,22}{40 \cdot (16 + 64)} = 6,1 \text{ (моль/л)}.$$

Молярність розчину дорівнюватиме:

$$C_m = \frac{V_{\text{реч}} \cdot 1000}{m_{\text{роз}}} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 1000}{M \cdot m_{\text{роз}}} = \frac{16 \cdot 1000}{40 \cdot 64} = 6,25 \text{ (моль/кг)}.$$

**Приклад 3.** Розрахуйте масу  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , яка потрібна для приготування 250 мл розчину, що містить  $1 \cdot 10^{-3}$  г  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  в 1 мл. Визначте його молярність та нормальність.

**Розв'язання.** У цьому випадку наведено значення титру розчину  $T = \frac{m}{V} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1} = 1 \cdot 10^{-3}$  (г/мл) безводної солі, яку слід приготувати з кристалогідрату. Спочатку визначаємо масу  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  в 250 мл розчину, який слід одержати:  $m = T \cdot V = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 0,250$  (г).

Тепер перерахуємо цю масу на масу кристалогідрату  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ :

$$m_{\text{к.г.}} = \frac{m_{\text{б.с.}} \cdot M_{\text{к.г.}}}{M_{\text{б.с.}}} = \frac{0,250 \cdot 474}{258} = 0,459 \text{ (г)}.$$

Молярність знайдемо за формулою:  $C_H = \frac{V_E \text{ реч}}{V_p} = \frac{m_{\text{реч}}}{E \cdot V_p}$ .

Для  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$   $E = \frac{M}{4} = \frac{258}{4} = 64,5$  (г/моль). Тоді:

$$C_H = \frac{0,25}{64,5 \cdot 0,25} = 1,55 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)}.$$

**Приклад 4.** Розрахуйте об'єми  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\rho = 1$  г/мл) та етиленгліколю ( $\rho = 1,11$  г/мл), які слід змішати для одержання 2 кг 40 %-го антифризу.

**Розв'язання.** У 2 кг розчину маса етиленгліколю:

$$m_{\text{е.г.}} = \frac{m_p \cdot \omega}{100} = \frac{2000 \cdot 40}{100} = 800 \text{ (г)}.$$

Об'єм етиленгліколю:  $V_{\text{е.г.}} = \frac{m_{\text{е.г.}}}{\rho_{\text{е.г.}}} = \frac{800}{1,11} = 720,7$  (мл).

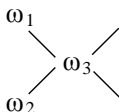
Маса  $\text{H}_2\text{O}$ :  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 2000 - 800 = 1200$  (г), а  $V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1200}{1} = 1200$  (мл).

Дуже часто на практиці під час приготування розчинів доводиться використовувати вже готові розчини, які можна змішувати.

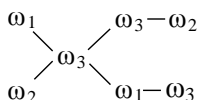
Особливу увагу слід звернути на змішування розчинів, яке не супроводжується хімічною реакцією, і постійно зустрічається як на практиці при роботі в хімічній лабораторії, так і в побуті, особливо при куховарстві. При розрахунках підсумків змішування в хімії можна скористатися старогипетським правилом механіки та математики, яке отримало назву «правило хреста». Зазвичай, змішують два розчини I і II та отримують розчин III з параметрами цих розчинів:

Розчини		Концентрація в мас. %	Маса розчину
Змішують	Отримують		
1		$\omega_1$	$m_1$
2		$\omega_2$	$m_2$
	3	$\omega_3$	$m_3 = m_1 + m_2$

У такому випадку концентрація зменшується в ряді  $\omega_1 > \omega_3 > \omega_2$ , а маса підкоряється закону адитивності, тобто виконується закон збереження маси  $m_3 = m_1 + m_2$ . Щоб скласти хрест, треба найбільшу  $\omega_1$  записати вище, найменшу  $\omega_2$  – нижче, а середню  $\omega_3$  – посередині.



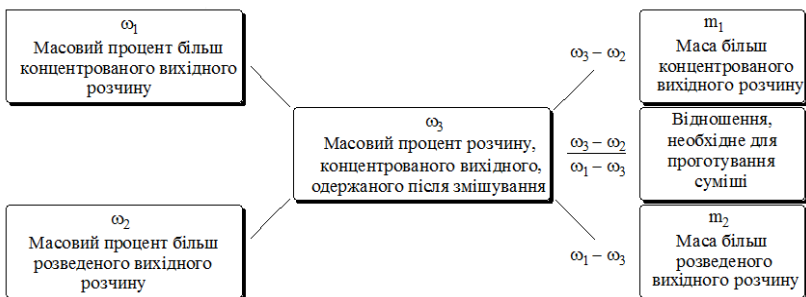
Отримуємо неповний хрест, в правій частині якого на діагоналях слід від більшої концентрації відняти меншу, і такий хрест вже буде повним.



Далі слід скласти рівняння, в якому відношення різниць дорівнює відношенню мас розчинів, що змішують наступним чином: в чисельнику стоїтиме маса того розчину, концентрація якого більша, а в знаменнику – того, концентрація якого менша:

$$\frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3} = \frac{m_1}{m_2}$$

Для більшої наочності представимо правило хреста у вигляді схеми:



В одержаному рівнянні замість  $m_1$  або  $m_2$  можна записати їхній вираз через масу кінцевого розчину:

$$\frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3} = \frac{m_1}{m_3 - m_1} = \frac{m_3 - m_2}{m_2}.$$

Розглянемо приклади завдань, розв'язання яких можна провести за допомогою правила хреста, та впевнімося про зручність його використання.

**Приклад 5.** Змішали 100 г 12 %-го і 400 г 8 %-го розчинів солі. Розрахуйте масову частку солі в отриманому розчині.

**Розв'язання.** Складаємо хрест, взявши до уваги, що  $12\% > \omega > 8\%$ .

$$\begin{array}{ccc} 12 & & \omega - 8 \\ & \backslash & / \\ & \omega & \\ & / & \backslash \\ 8 & & 12 - \omega \end{array} \quad \frac{\omega - 8}{12 - \omega} = \frac{100}{400}; \quad \omega = 9\%.$$

За використання масової концентрації  $\omega$  можливе тільки масове співвідношення розчинів. Якщо ж кількість розчину задається об'ємом, слід останній перевести в масу, скориставшись рівнянням  $\rho = \frac{m}{V}$  для розчинів, в якому  $\rho$  – густина,  $m$  – маса,  $V$  – об'єм розчину.

**Приклад 6.** Визначте маси 12- та 20 %-го розчинів кислоти, потрібних для приготування 250 г 15 %-го розчину.

**Розв'язання.** Складаємо хрест, враховуючи, що  $m_1 + m_2 = 250$  г :

$$\begin{array}{ccc} 20 & & 3 \\ & \backslash & / \\ & 15 & \\ & / & \backslash \\ 12 & & 5 \end{array} \quad \frac{3}{5} = \frac{m_1}{250 - m_1}; \quad m_1 = 93,75 \text{ г } 20\text{-го та}$$

$$m_2 = 250 - 93,75 = 156,25 \text{ г } 12\text{-го розчину.}$$

**Приклад 7.** Розрахуйте масову частку розчину лугу, якщо при змішуванні 20 г його з 7 %-м розчином утворюється 36 мл 10 %-го розчину з густиною 1,08 г/см<sup>3</sup>.

**Розв'язання.** Маса добутого розчину  $m = 36 \cdot 1,08 = 38,88$  (г).

Складаємо хрест:

$$\begin{array}{ccc}
 \omega & & 3 \\
 & \diagdown & / \\
 & 10 & \\
 & / & \diagdown \\
 7 & & \omega - 10
 \end{array}
 \qquad
 \frac{3}{\omega - 10} = \frac{20}{38,88 - 20};
 \qquad
 \omega = 12,83 \%.$$

Під час підготовки до виконання хімічного експерименту досить часто доводиться виконувати наступні операції:

– розведення, яке полягає в додаванні розчинника до розчину з метою зменшення концентрації останнього;

– концентрування, яке полягає в додаванні чистої розчинної речовини до розчину з метою збільшення його концентрації.

При розведенні нижчою концентрацією в хресті буде  $\omega_2 = 0 \%$ , що відповідає чистому розчиннику, в якому маса розчиненої речовини  $m_0 = 0$ . Тоді хрест має вигляд:

$$\begin{array}{ccc}
 \omega_1 & & \omega_3 \\
 & \diagdown & / \\
 & \omega_3 & \\
 & / & \diagdown \\
 0 & & \omega_1 - \omega_3
 \end{array}
 \qquad
 \frac{\omega_3}{\omega_1 - \omega_3} = \frac{m_1}{m_2}.$$

Під час концентрування вищою концентрацією буде  $\omega_1 = 100\%$ , що відповідає чистій розчинній речовині, яка не містить розчинника. Хрест має вигляд:

$$\begin{array}{ccc}
 100 & & \omega_3 - \omega_2 \\
 & \diagdown & / \\
 & \omega_3 & \\
 & / & \diagdown \\
 \omega_2 & & 100 - \omega_3
 \end{array}
 \qquad
 \frac{\omega_3 - \omega_2}{100 - \omega_3} = \frac{m_1}{m_2}.$$

Розглянемо приклади розрахунків у задачах із розведенням і концентруванням.

**Приклад 8.** Визначте масу 16 %-го розчину, який можна приготувати з 200 г 32 %-го розчину хлоридної кислоти.

**Розв'язання.** Складаємо хрест:

$$\begin{array}{ccc}
 32 & & 16 \\
 & \diagdown & / \\
 & 16 & \\
 & / & \diagdown \\
 0 & & 16
 \end{array}
 \qquad
 \frac{16}{16} = \frac{200}{m};
 \qquad
 m = 200 \text{ (г)} - \text{води.}$$

Тоді маса 16 %-го розчину:  $m = 200 + 200 = 400$  (г).

**Приклад 9.** Розрахуйте маси 24 %-го розчину натрію хлориду та твердої солі, які слід змішати для одержання 250 г 28 %-го розчину.

**Розв'язання.** Складаємо хрест:

$$\begin{array}{ccc} 100 & & 4 \\ & \diagdown & / \\ & 28 & \\ & / & \diagdown \\ 24 & & 72 \end{array}$$

$$\frac{4}{72} = \frac{m}{250 - m};$$

$m = 13,16$  (г) твердої солі та  
 $250 - 13,16 = 236,84$  (г)  
 24 %-го розчину.

Таким чином, правило хреста у випадку масових концентрацій дозволяє точно, швидко, без зайвого клопоту проводити розрахунки у випадку змішування розчинів, в яких не відбувається хімічної взаємодії. На жаль, для об'ємних концентрацій використання правила хреста неможливе. Справа в тому, що для об'ємів не виконується закон адитивності, а це означає, що  $V_3 \neq V_1 + V_2$  коли змішують розчини з різними концентраціями. В деяких випадках (сульфатна або фосфатна кислоти, луги тощо) зміна об'єму настільки велика, що її нехтування вносить помилку в розрахунки до 10 %. В інших випадках (хлоридна кислота, солі тощо) зміна об'єму практично непомітна, а нехтування ними дає похибку, меншу за 0,1 %, і правило хреста хоча і не зовсім точне, але приводить до прийняттого результату. Таким чином, для об'ємних концентрацій правило хреста можна використати лише в окремих випадках у вигляді:

$$\begin{array}{ccc} C_1 & & C_3 - C_2 \\ & \diagdown & / \\ & C_3 & \\ & / & \diagdown \\ C_2 & & C_1 - C_3 \end{array}$$

$$\frac{C_3 - C_2}{C_1 - C_3} = \frac{V_1}{V_2},$$

де  $V_1$  та  $V_2$  – об'єми розчинів, які змішують;  $C_1$  та  $C_2$  – концентрації розчинів, які змішують;  $C_3$  – концентрація розчину, який готують.

**Приклад 10.** Визначте молярну концентрацію  $Cl^-$  в розчині, який добуто змішуванням 120 мл 0,08 моль/л розчину  $NaCl$  та 80 мл 0,2 моль/л розчину  $KCl$ .

**Розв'язання.** Молярні концентрації солі та  $Cl^-$  однакові, і хрест має вигляд:

$$\begin{array}{ccc} 0,2 & & C - 0,08 \\ & \diagdown & / \\ & C & \\ & / & \diagdown \\ 0,08 & & 0,2 - C \end{array}$$

$$\frac{C - 0,08}{0,2 - C} = \frac{80}{120};$$

$$C(Cl^-) = 0,128 \text{ (моль/л)}.$$

**Приклад 11.** Розрахуйте об'єми 0,16 моль/л розчину  $Na_2SO_4$  та води, які треба змішати, щоб отримати 1,5 л 0,1 моль/л розчину.

**Розв'язання.** Якщо  $V_1$  – об'єм розчину з  $C_1 = 0,16$  моль/л, то об'єм води –  $V_2 = 1,5 - V_1$ .

Складаємо хрест:

$$\begin{array}{ccc}
 0,16 & & 0,1 \\
 & \diagdown & / \\
 & 0,1 & \\
 & / & \diagdown \\
 0 & & 0,06
 \end{array}
 \quad
 \frac{0,1}{0,06} = \frac{V_1}{1,5 - V_1};
 \quad
 \begin{array}{l}
 V_1 = 0,938 \text{ л (938 мл);} \\
 V_2 = 1,5 - 0,938 = 0,562 \text{ л} \\
 (562 \text{ мл}).
 \end{array}$$

Як відомо, більшість солей, що випускає хімічна промисловість, є кристалогідратами, тому в хімічних лабораторіях для приготування розчинів безводних солей майже завжди використовують кристалогідрати. Правило хреста суттєво спрощує розрахунки, які зазвичай виконують під час приготування таких розчинів. Умовно припускається, що кристалогідрат являє собою розчин безводної солі у власній кристалогідратній воді або як розчин, схожий на рідкий розчин безводної солі, але в твердому агрегатному стані. В такому випадку можна розрахувати масову частку безводної солі в кристалогідраті та розглядати її як концентрацію розчину  $\omega_{\text{к.г.}} = \omega_1$  разом з  $\omega_2 = 0$  для води та  $\omega_3$  розчину безводної солі, який слід приготувати з цього кристалогідрату.

За наявності трьох значень  $\omega$  з них можна скласти хрест:

$$\begin{array}{ccc}
 \omega_{\text{к.г.}} & & \omega_3 \\
 & \diagdown & / \\
 & \omega_3 & \\
 & / & \diagdown \\
 0 & & \omega_{\text{к.г.}} - \omega_3
 \end{array}
 \quad
 \frac{\omega_3}{\omega_{\text{к.г.}} - \omega_3} = \frac{m_{\text{к.г.}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}},
 \quad
 \begin{array}{l}
 \text{де } m_{\text{к.г.}} - \text{маса} \\
 \text{кристалогідрату.}
 \end{array}$$

Для розрахунку  $\omega_{\text{к.г.}}$  скористаємося тим, що  $\omega$  не залежить від маси розчину. Ось чому можна розглянути 1 моль кристалогідрату, тоді маса розчину дорівнюватиме його молярній масі ( $M_{\text{к.г.}}$ ), а маса розчиненої речовини – молярній масі безводної солі ( $M_{\text{б.с.}}$ ):

$$\omega_{\text{к.г.}} = \frac{M_{\text{б.с.}} \cdot 100}{M_{\text{к.г.}}}.$$

**Приклад 12.** Визначте масу мідного купоросу, яку слід взяти для приготування 100 г 5 %-го розчину купрума (II) сульфата.

**Розв'язання.** Спочатку знайдемо  $\omega_{\text{к.г.}}$ :

$$\omega_{\text{к.г.}} = \frac{M(\text{CuSO}_4) \cdot 100}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{160 \cdot 100}{250} = 64 \%.$$



Тепер можна скласти хрест:

$$\begin{array}{ccc}
 64 & & 5 \\
 & \diagdown & / \\
 & 5 & \\
 & / & \diagdown \\
 0 & & 59
 \end{array}
 \quad
 \frac{5}{59} = \frac{m_{\text{к.г.}}}{100 - m_{\text{к.г.}}}; \quad m_{\text{к.г.}} = 7,81 \text{ (г) CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}.$$

**Приклад 13.** Розрахуйте масу залізного купоросу, що потрібна для підвищення вдвічі концентрації ферума (II) сульфата в 100 г 3 %-го розчину.

**Розв'язання.** Маємо як вихідні  $\omega_2 = 3\%$ ;

$$\omega_{\text{к.г.}} = \frac{M(\text{FeSO}_4) \cdot 100}{M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{152 \cdot 100}{278} = 54,7\%$$

та кінцеву  $\omega_3 = 3 \cdot 2 = 6\%$ .

Складаємо хрест:

$$\begin{array}{ccc}
 54,7 & & 3 \\
 & \diagdown & / \\
 & 6 & \\
 & / & \diagdown \\
 3 & & 48,7
 \end{array}
 \quad
 \frac{3}{48,7} = \frac{m_{\text{к.г.}}}{100}; \quad m_{\text{к.г.}} = 6,16 \text{ (г) FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}.$$

Під час приготування розчинів, особливо в науково-дослідних лабораторіях, часто доводиться використовувати вже готові розчини з іншим способом виразу концентрації. Для проведення відповідних розрахунків в такому випадку треба вміти проводити взаємоперерахунок значень концентрацій.

Для переведення можна скористатися двома прийомами, які умовно можна назвати математичним та логічним. Сутність математичного полягає в комбінуванні формул, що задають ці дві концентрації: ту, що переводять, та ту, в яку переводять. Так, для переведення масової частки в молярність треба знайти відповідну комбінацію з трьох формул:

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{m_{\text{р}}}; \quad C_{\text{М}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot V_{\text{р}}} \quad \text{та} \quad \rho = \frac{m_{\text{р}}}{V_{\text{р}}}.$$

По перше, вираз  $m_{\text{р}} = V_{\text{р}} \cdot \rho$  треба підставити в  $\omega$ :

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 100}{V_{\text{р}} \cdot \rho} \quad \text{та розв'язати відносно} \quad \frac{m_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{\rho \cdot \omega}{100}. \quad (1)$$

У виразі для  $C_{\text{М}}$  слід зробити переведення об'єму з «л» у «мл» та одержати:

$$C_{\text{М}} = \frac{m_{\text{реч}} \cdot 1000}{V_{\text{р}} \cdot M} \quad \text{та розв'язати відносно} \quad \frac{m_{\text{реч}}}{V_{\text{р}}} = \frac{C_{\text{М}} \cdot M}{1000}. \quad (2)$$

Тепер можна прирівняти праві частини рівнянь (1) та (2):

$$\frac{\rho \cdot \omega}{100} = \frac{C_M \cdot M}{1000}. \quad \text{Тоді } C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M}, \quad \text{а } \omega = \frac{C_M \cdot M}{10 \cdot \rho}.$$

Аналогічним способом можна зробити перерахунок і для інших пар концентрацій.

Алгоритм логічного переведення, який більш до вподоби тим, хто не полюбляє математику, можна представити як:

– з визначення  $\omega$  (маса речовини в 100 г розчину) запишемо рядок:

Розчин	Речовина	Розчинник
100 г	$\omega$ , г	$(100 - \omega)$ , г

– з визначення  $C_M$  (число моль речовини в 1000 мл розчину) запишемо свій рядок:

Розчин	Речовина	Розчинник
1000 мл	$C_M$ , моль	$(1000 \cdot \rho - C_M \cdot M)$ , г

– зробимо так, щоб у стовбцях одиниці вимірювання були однаковими:

Розчин	Речовина
$1000 \cdot \rho$ , г	$(C_M \cdot M)$ , г

– запишемо обидва рядки та порівняємо співвідношення виразів у стовбцях:

Розчин	Речовина	Розчинник
$\frac{100}{1000 \cdot \rho}$	$\frac{\omega}{C_M \cdot M}$	$\frac{100 - \omega}{1000 \cdot \rho - C_M \cdot M}$

$$\frac{100}{1000 \cdot \rho} = \frac{\omega}{C_M \cdot M} = \frac{100 - \omega}{1000 \cdot \rho - C_M \cdot M}. \quad \text{Тепер можна знайти співвідношення}$$

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M} \quad \text{або} \quad \omega = \frac{C_M \cdot M}{10 \cdot \rho} \quad \text{таке ж саме, що й при математичному підході.}$$

Можна створити таблицю переведень:

	$\omega$	$C_M$	$C_H$	$C_m$	$T$
$\omega$	<del>_____</del>	$\frac{C_M \cdot M}{10 \cdot \rho}$	$\frac{C_H \cdot E}{10 \cdot \rho}$	$\frac{100 \cdot C_m \cdot M}{1000 + C_m \cdot M}$	$\frac{100T}{\rho}$
$C_M$	$\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M}$	<del>_____</del>	$\frac{C_H \cdot E}{M}$	$\frac{1000 \cdot \rho \cdot C_m}{1000 + C_m \cdot M}$	$\frac{1000T}{M}$
$C_H$	$\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{E}$	$\frac{C_M \cdot M}{E}$	<del>_____</del>	$\frac{1000 \cdot \rho \cdot C_m}{1000 + C_m \cdot E}$	$\frac{1000T}{E}$
$C_m$	$\frac{1000 \cdot \omega}{(100 - \omega) \cdot M}$	$\frac{1000 \cdot C_M}{1000 \cdot \rho - C_M \cdot M}$	$\frac{1000 \cdot C_H}{1000 \cdot \rho - C_H \cdot E}$	<del>_____</del>	$\frac{1000T}{M(\rho - T)}$
$T$	$\frac{\rho \cdot \omega}{100}$	$\frac{C_M \cdot M}{1000}$	$\frac{C_H \cdot E}{1000}$	$\frac{C_m \cdot M \cdot \rho}{1000 + C_m \cdot M}$	<del>_____</del>

Розглянемо приклади переведення концентрацій, які надалі доведеться виконувати, особливо в модулі «Колігативні властивості розчинів», що є розділом фізичної хімії в загальній.

**Приклад 14.** Визначте  $C_M$ ,  $C_m$  та  $\chi$  для розчину  $MgSO_4$  з  $\omega = 1\%$  та  $\rho = 1$  г/мл.

**Розв'язання.** Можна скористатися формулами з таблиці для молярності та моляльності:

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 1}{120} = 8,33 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л);}$$

$$C_m = \frac{1000 \cdot \omega}{(100 - \omega) \cdot M} = \frac{1000 \cdot 1}{120(100 - 1)} = 8,42 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л).}$$

Для мольної частки зробимо логічне виведення:

Розчин	Речовина	Розчинник
100 г	$\omega$ , г $(\chi \cdot M_{MgSO_4})$ , г	$(100 - \omega)$ , г $(1 - \chi) \cdot M_{H_2O}$ , г

$$\frac{\omega}{120 \cdot \chi} = \frac{100 - \omega}{18 \cdot (1 - \chi)}; \quad \frac{1}{120 \cdot \chi} = \frac{99}{18 - 18 \cdot \chi}; \quad \chi = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ (0,15 \%)}.$$

**Приклад 15.** Визначте  $\omega$ ,  $C_m$  та  $\chi$  для 0,2 моль/л розчину KOH ( $\rho = 1,01$  г/мл).

**Розв'язання.** Спочатку розрахуємо  $\omega$ :

$$\omega = \frac{C_M \cdot M}{10 \cdot \rho} = \frac{0,2 \cdot 56}{10 \cdot 1,01} = 1,11 \%$$

Визначити  $C_m$  та  $\chi$  простіше з одержаної  $\omega$ , ніж із вихідної  $C_M$ . Отже:

$$C_m = \frac{1000 \cdot \omega}{(100 - \omega) \cdot M} = \frac{1000 \cdot 1,11}{(100 - 1,11) \cdot 56} = 0,2004 \text{ (моль/кг);}$$

$$\frac{\omega}{M_{KOH} \cdot \chi} = \frac{100 - \omega}{M_{H_2O} \cdot (1 - \chi)}; \quad \frac{1,11}{56 \cdot \chi} = \frac{88,89}{18 \cdot (1 - \chi)}; \quad \chi = 3,62 \cdot 10^{-3} \text{ (0,36 \%)}.$$

**Приклад 15.** Мольна частка розчину  $Na_2CO_3$  становить  $\chi = 3 \cdot 10^{-2}$  ( $\rho = 1,16$  г/мл). Визначте  $\omega$ ,  $C_M$  та  $C_m$ .

**Розв'язання.** Якщо взяти 1 моль розчину, то кількості компонентів:

$$\nu_{Na_2CO_3} = 0,03 \text{ (моль)}, \quad \text{а} \quad \nu_{H_2O} = 1 - 0,03 = 0,97 \text{ (моль)}.$$

Маси компонентів:

$$m_{Na_2CO_3} = 0,03 \cdot 106 = 3,18 \text{ (г)}, \quad \text{а} \quad m_{H_2O} = 0,97 \cdot 18 = 17,46 \text{ (г)}.$$

$$\text{Тоді: } \omega = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot 100}{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3,18 \cdot 100}{17,46 + 3,18} = 15,4 \%$$

Тепер за формулами визначаємо  $C_M$  та  $C_m$  :

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{10 \cdot 1,16 \cdot 15,4}{106} = 1,69 \text{ (моль/л);}$$

$$C_m = \frac{1000 \cdot \omega}{(100 - \omega) \cdot M} = \frac{1000 \cdot 15,4}{84,6 \cdot 106} = 1,72 \text{ (моль/л).}$$

**Приклад 16.** Розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  має  $C_m = 1,06$  моль/кг та  $\rho = 1,06$  г/мл. Визначте  $\omega$ ,  $C_M$  та  $\chi$ .

**Розв'язання.** Спочатку розрахуємо  $\omega$ , а потім – інші концентрації. Візьмемо 1000 г  $\text{H}_2\text{O}$ , тоді  $v_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,06$  (моль), а маса  $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,06 \cdot 98 = 103,9$  (г).

$$\text{Маса розчину } m_p = 1000 + 103,9 = 1103,9 \text{ (г),}$$

$$\text{а об'єм } V_p = \frac{1103,9}{1,06} = 1041,4 \text{ (мл).}$$

$$\text{Тоді } \omega = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 100}{m_p} = \frac{103,9 \cdot 100}{1103,9} = 9,41 \%$$

$$\text{Молярність знайдемо за формулою } C_M = \frac{v}{V_p} = \frac{1,06 \cdot 1000}{1041,4} = 1,02 \text{ (моль/л).}$$

Мольна частка зв'язана з масовою рівнянням:

$$\chi = \frac{\frac{\omega}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}}{\frac{100 - \omega}{M_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{\omega}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}} = \frac{1,06}{\frac{1000}{18} + 1,06} = 1,87 \cdot 10^{-2} \text{ (1,87 \%)}.$$

В аналітичній хімії є популярними інші переведення.

**Приклад 17.** Визначте нормальність та титр 1,06 моль/л розчину  $\text{NaOH}$  з  $\rho = 1,05$  г/мл.

$$\text{Розв'язання. Зв'язок між } C_M \text{ та } C_N, \text{ мабуть, найпростіший } \frac{C_N}{C_M} = \frac{M}{E} = n,$$

де  $n$  – число, яке зв'язує молярну масу та молярну масу еквівалента. Для  $\text{NaOH}$   $n = 1$ , тоді  $C_M = C_N = 1,06$  (моль/л).

Титр можна знайти за формулою:

$$T = \frac{C_M \cdot M}{1000} = \frac{1,06 \cdot 400}{1000} = 4,24 \cdot 10^{-2} \text{ (г/мл).}$$

У неорганічній та органічній хімії концентрації частіше за все використовують для розрахунків за рівняннями реакцій. Втім і всі розрахунки з фізичної та аналітичної хімії застосовуються, хоча і в меншій мірі.

**Приклад 18.** Визначте об'єм 0,1 моль/л розчину KOH, потрібний для повної нейтралізації 60 мл 2,49 %-го розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ρ = 1,015 г/мл).

**Розв'язання.** У цій задачі розв'язання краще за все зробити за законом еквівалентів  $(C_H \cdot V)_{H_2SO_4} = (C_H \cdot V)_{KOH}$ . Для цього спочатку зробимо переведення концентрацій у нормальність:

Для KOH  $M = E$ , тому  $C_H = C_M = 0,1$  моль/л.

Для H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $E = \frac{M}{2} = \frac{98}{2} = 49$  (г/моль),

а  $C_H = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{E} = \frac{10 \cdot 1,015 \cdot 2,49}{49} = 0,516$  (моль/л).

Тоді  $V_{KOH} = \frac{(C_H \cdot V)_{H_2SO_4}}{C_{KOH}} = \frac{60 \cdot 0,516}{0,1} = 309,6$  (мл).

**Приклад 19.** Змішали 123 мл 4,65 %-го розчину NaOH (ρ = 1,05 г/мл) та 87 мл 10,5 %-го розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ρ = 1,07 г/мл). Визначте молярні концентрації речовин у розчині після реакції. Зміною об'єму після змішування знехтуйте.

**Розв'язання.** Цю задачу краще за все розв'язувати за наявності молярної концентрації. Отже, зробимо переведення в молярність за формулою

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M}$$

Для NaOH  $C_M = \frac{10 \cdot 1,05 \cdot 4,65}{40} = 1,22$  (моль/л),

а  $v = C_M \cdot V = 1,22 \cdot 123 \cdot 10^{-3} = 0,15$  (моль).

Для H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  $C_M = \frac{10 \cdot 1,07 \cdot 10,5}{98} = 1,15$  (моль/л),

а  $v = 1,15 \cdot 0,087 = 0,1$  (моль).

Складаємо першу таблицю з утворенням гідросульфату:

v, моль	NaOH +	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→	NaHSO <sub>4</sub>	+ H <sub>2</sub> O
вихідні	0,15	0,1		0	
в реакції	0,1	0,1		0,1	
після реакції	0,05	0		0,1	

Речовини, які залишилися після реакції, реагуватимуть далі:

$\nu$ , моль	NaOH + NaHSO <sub>4</sub> → Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O
вихідні	0,05      0,1      0
в реакції	0,05      0,05      0,05
після реакції	0      0,05      0,05

Розраховуємо молярні концентрації сульфатів за формулою  $C_M = \frac{\nu}{V_p}$ , враховуючи, що  $V_p = 123 + 87 = 210$  (мл):

$$C_{\text{NaHSO}_4} = C_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{0,05}{0,21} = 0,238 \text{ (моль/л)}.$$

**Приклад 20.** При дисоціації CH<sub>3</sub>COOH у 1,2 %-му розчині ( $\rho = 1$  г/мл) сумарна концентрація йонів становить  $4 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Розрахуйте ступінь дисоціації та концентрацію частинок кислоти.

**Розв'язання.** У цьому випадку розв'язання проводять із молярними концентраціями, тому  $C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 1,2}{60} = 0,2$  (моль/л).

Запишемо рівняння дисоціації та заповнимо таблицю, позначивши концентрацію продисоційованих молекул за «а»:

$C$ , моль/л	CH <sub>3</sub> COOH → CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> + H <sup>+</sup>
вихідна	0,2      0      0
в реакції	$a$ $a$ $a$
рівновага	0,2- $a$ $a$ $a$

Сумарна концентрація йонів  $a + a = 2a = 4 \cdot 10^{-3}$  моль/л;

$a = 2 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Тоді рівноважні концентрації становлять:

$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = 2 \cdot 10^{-3}$  моль/л;

$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,2 - 2 \cdot 10^{-3} = 0,198$  (моль/л).

Ступінь дисоціації – це відношення  $C_{\text{у реакції}}$  до  $C_{\text{вихідна}}$ :

$$\alpha = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 0,01 \text{ (або 1,0 \%)}.$$

Концентрації розчинів можна використовувати для знаходження молярних мас, а через них встановлювати істинну формулу, або під час розв'язання задач на встановлення складу суміші.

**Приклад 21.** При розчиненні 5,72 г кристалогідрату натрію карбонату у воді одержано 98 мл 2,12 %-го розчину Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ( $\rho = 1,02$  г/мл). Визначте формулу кристалогідрату.

**Розв'язання.** Зробимо перерахунок концентрацій:

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{10 \cdot 1,02 \cdot 2,12}{106} = 0,204 \text{ (моль/л)}.$$

З іншого боку  $C_M = \frac{v_{\text{реч}}}{V_p} = \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot V_p}$ , при цьому слід врахувати, що

$$v_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = v_{\text{к.г.}}. \text{ Тоді } M_{\text{к.г.}} = \frac{m_{\text{реч}}}{C_M \cdot V_p} = \frac{5,72}{0,204 \cdot 0,098} = 286 \text{ (г/моль)}.$$

Кристалогідрат має формулу  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , та його молярна маса дорівнює:  $M = M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + n \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = 106 + 18 \cdot n$ . З іншого боку:

$$106 + 18 \cdot n = 286; \quad n = 10.$$

Отже, формула кристалогідрату –  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

**Приклад 22.** Суміш  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  та  $\text{NaHSO}_3$  масою 60,8 г повністю розкладається 185,2 мл 16,24 %-го розчину  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,08$  г/мл). Встановіть склад суміші у мас. %.

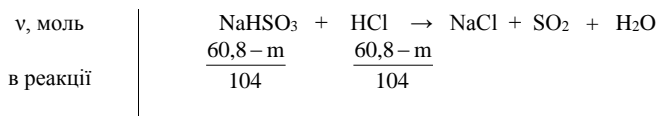
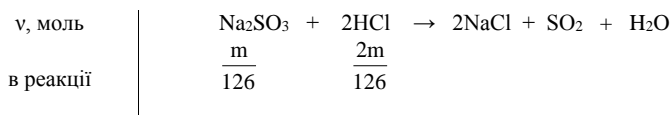
**Розв'язання.** Зробимо переведення концентрацій:

$$C_M = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{10 \cdot 1,08 \cdot 11,24}{36,5} = 4,80 \text{ (моль/л)}.$$

Визначимо кількість хлоридної кислоти:

$$v_{\text{HCl}} = C \cdot V = 4,80 \cdot 0,1852 = 0,89 \text{ (моль)}$$

Запишемо рядки під рівняннями, якщо  $v_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{m}{126}$ , а  $v_{\text{NaHSO}_3} = \frac{60,8 - m}{104}$ :



$$v_{\text{HCl}} = \frac{2m}{126} + \frac{60,8 - m}{104} = 0,89; \quad m = 48,8 \text{ (г)}.$$

$$\text{Тоді: } \omega_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{48,8 \cdot 100}{60,8} = 80,3 \%; \quad \omega_{\text{NaHSO}_3} = 100 - 80,3 = 19,7 \% .$$

## 2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Як можливі, можна запропонувати наступні варіанти виконання лабораторних робіт. Інші варіанти наведено у навчальному посібнику «Практическое пособие по экспериментальной общей и неорганической химии» (В. И. Марченко, Г. М. Розанцев, О. И. Сазонова, Донецк, ДонНУ, 2012).

### Лабораторна робота № 1.

#### Приготування розчинів

#### із заданою масовою часткою розчиненої речовини

**Мета роботи** полягає в здобутті навичок приготування розчинів із необхідним вмістом речовини та експериментального підтвердження правильності виконання досліду.

#### Рекомендації до виконання роботи

**Загальна інформація.** Перед приготуванням розчинів відповідної концентрації слід встановити ступінь точності, з якою вона повинна бути визначена та яка, в свою чергу, визначається областю використання розчинів.

У лабораторній та технологічній практиці вибір способу вираження концентрації визначається не тільки зручністю подальших розрахунків, але й допустимою похибкою. Таким чином, концентрація розчину  $\text{HCl}$ , що призначена для точного визначення концентрації лугів, краще за все виражати в одиницях нормальності та подати її з відносною точністю порядку 0,2–0,3 %. Якщо ж хлоридна кислота використовується для створення не дуже строго визначеного рН при проведенні аналізу або синтезу, то її концентрацію достатньо виразити за допомогою густини розчину. Остання визначається ареометром, шкала якого дозволяє визначити густину з точністю до 0,005 г/см<sup>3</sup>, що відповідає похибці приблизно в 1 %.



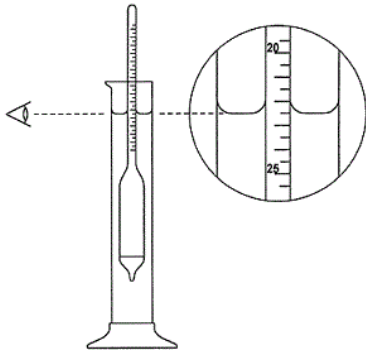


Рис. 3 – Ареометричне визначення густини

Для ареометричного визначення густини розчину слід вибрати ареометр із такою шкалою, яка містить можливе значення густини випробуваного розчину. Так, для визначення концентрації нітратної кислоти, яка надходить у продаж у вигляді розчину з густиною приблизно  $1,37 \text{ г/см}^3$ , слід користуватися ареометром зі шкалою  $1,200\text{--}1,600 \text{ г/см}^3$  або  $1,200\text{--}1,400 \text{ г/см}^3$ , а для 10 %-х розчинів  $\text{HCl}$  або  $\text{HNO}_3$ , густина яких приблизно  $1,05 \text{ г/см}^3$ , шкала ареометра повинна бути градуйована в інтервалі від  $1,000$  до  $1,200 \text{ г/см}^3$ .

У деяких випадках допустимо користуватися ще менш точним способом вираження концентрації, який полягає в оцінюванні величини розведення. Так, наприклад, вираз «хлоридна кислота 1:3» означає, що один об'єм концентрованої хлоридної кислоти розбавлений трьома такими ж об'ємами води.

Залежно від призначення розчину змінюється і спосіб його приготування та стандартизації, тобто спосіб відбору розрахованих кількостей розчиненої речовини і розчинника. Якщо речовина, яку необхідно розчинити, знаходиться у твердому стані, то розрахована кількість її зважується на технічних або аналітичних терезах. На перших із них точність зважування складає  $0,01 \text{ г}$ , а на других –  $0,0001 \text{ г}$ .

Вибір терезів залежить від кількості зважуваної речовини та необхідної точності. Так, при зважуванні  $50 \text{ г}$  та більше завжди використовуються технічні терези, адже в цьому випадку допустима похибка при зважуванні в  $0,01 \text{ г}$  складе відносну похибку лише  $(0,01 \cdot 100)/50 = 0,02 \%$ . Під час зважування  $1 \text{ г}$  та менше також можлива похибка в  $0,01 \text{ г}$  виражається відносною похибкою, в 50 разів більшою, й складає величину порядку  $1 \%$ . Отже, якщо необхідно приготувати розчин із більшою точністю, слід користуватися зважуванням на аналітичних терезах.

У проміжних випадках, коли маса наважки речовини становить  $10\text{--}20 \text{ г}$ , вибір терезів визначається заданою точністю концентрації розчину. Для приготування розчинів, концентрація яких повинна бути виражена з точністю в  $0,1\text{--}0,2 \%$ , слід користуватися аналітичними терезами. Чим приблизніше виражена задана концентрація розчину та чим більша маса наважки, тим більшою є можливість використання для зважування технічних терезів.

Технохімічними терезами користуються також для приготування розчинів, концентрація яких спочатку виражена приблизно, а потім визначається з більшим ступенем точності. Так, нема необхідності готувати, наприклад, 0,2 н розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  або 0,1 н розчин  $\text{BaCl}_2$  зі ступенем точності 0,2000 та 0,1000 н відповідно, оскільки таку точність важко одержати експериментально. Достатньо приготувати ці розчини з точністю, визначеною зважуванням на технохімічних терезах, а потім в першому з них визначити концентрацію  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  методом кислотно-основного титрування розчином  $\text{HCl}$ , концентрація якого відома з більшою точністю, а вміст  $\text{BaCl}_2$  у другому розчині може бути знайдений за кількістю зваженого на аналітичних терезах важкорозчинного  $\text{BaSO}_4$ , який утворюється з відміряної з великою точністю аліквоти (10,00 або 15,00 мл) приготованого розчину барію хлориду. Таким чином, можна встановити концентрацію розчинів із достатньою точністю, наприклад: 0,1982 н розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  або 0,1018 н розчин  $\text{BaCl}_2$ .

Кількість води, необхідної для отримання заданої кількості розчину, відміряється за допомогою мірного циліндру відповідного об'єму. Це означає, що для об'єму в 10–20 мл слід користуватися мірним циліндром ємністю 25 мл, а не 100 мл та більше, які допускають більшу похибку під час вимірювання порівняно малих об'ємів. З іншого боку, не рекомендовано більший об'єм води відміряти малим циліндром, повторюючи цю операцію декілька разів. Так, об'єми 75 або 100 мл не слід відміряти трикратно або чотирикратно циліндром ємністю 25 мл, оскільки цей об'єм потрібно відбирати мірним циліндром на 100 мл. Точність одного вимірювання є більшою, оскільки при багаторазовому вимірюванні похибка може збільшитись через додавання похибок окремих вимірювань.

Для приготування невеликих кількостей розчину з точно заданою масовою часткою або молярною концентрацією вага води, як і вага речовини, котру розчиняють, визначається шляхом зважування та технохімічних вагах або аналітичних терезах.

Концентрація розчинів, виражена в одиницях нормальності або молярності, визначається, виходячи з кількості розчиненої речовини, зваженої на технохімічних або аналітичних терезах, залежно від ступеня заданої точності та загального об'єму розчину. В цьому випадку немає необхідності окремо відміряти або зважувати воду, адже кількість визначається ємністю мірної колби, взятої для приготування розчину.

У тому випадку, коли розчинами, які готують, планують користуватися протягом тривалого часу, слід приймати до уваги їхню стійкість за умов зберігання. Так, розчини відновників можуть змінювати свою концентрацію,

повільно окислюючись киснем повітря, а розчини лугів – під час взаємодії з карбону (IV) оксидом або в результаті ступінчастого вилугування силіцію діоксида (складової частини скляного посуду). Деякі речовини є нестійкими до дії світла або тепла. В більшості випадків концентровані розчини проявляють більшу стійкість, ніж розбавлені, тому, розбавлені розчини таких речовин готують безпосередньо перед дослідом, шляхом розбавлення концентрованого розчину, який може зберігатися тривалий час без помітної зміни концентрації. Так, 0,02 н розчин натрію тіосульфату  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  може бути приготовлений шляхом розбавлення 0,1 н розчину, концентрація якого під час правильного зберігання не змінюється протягом 2–3 місяців.

### Приклади завдань на приготування розчинів із заданою масовою часткою розчиненої речовини

**Приклад 1.** Приготувати 200 г 2 %-го розчину KCl.

**Розв’язання.** Розрахуємо кількості KCl та води, необхідні для приготування розчину. Маса KCl складає  $m(\text{KCl}) = 200 \cdot 0,02 = 4$  г, а маса води  $m(\text{H}_2\text{O}) = 200 - 4 = 196$  г.

При заданій точності розраховану масу KCl зважують на технохімічних терезах. Якщо прийняти густину води рівною  $1 \text{ г/см}^3$ , що в цьому випадку цілком припустимо, то 196 г води відповідають об’єму 196 мл, який може бути відміряний мірним циліндром на 250 мл. Ціна поділки на такому циліндрі становить 5 мл. Відлік роблять по нижньому краю меніска, який в цьому випадку повинен бути на рівні очей трохи вище поділки (на  $V_s$  поділки), відповідного об’єму 195 мл.

Зважену кількість KCl обережно переносять до хімічної склянки ємністю 300 мл, а дрібні кристали солі, що прилипли до скла, змивають до склянки частиною води, що була приготовлена в циліндрі. Після розчинення солі розчин розбавляють водою, що залишилася в мірному циліндрі, та отриманий розчин перемішують скляною паличкою.

**Приклад 2.** Приготувати 100 г 5 %-го розчину  $\text{BaCl}_2$ , виходячи із кристалогідрату  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

**Розв’язання.**

Спочатку знайдемо  $\omega_{\text{к.г.}}$ :

$$\omega_{\text{к.г.}} = \frac{M(\text{BaCl}_2) \cdot 100}{M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} = \frac{208 \cdot 100}{244} = 85,2 \%$$

Тепер можна скласти хрест:

$$\begin{array}{c}
 85,2 \\
 \diagdown \quad \diagup \\
 \quad 5 \\
 \diagup \quad \diagdown \\
 0 \quad \quad 80,2
 \end{array}
 \quad ; \quad
 \frac{5}{80,2} = \frac{m_{\text{к.г.}}}{100 - m_{\text{к.г.}}} ; \quad m_{\text{к.г.}} = 5,87 \text{ (г) BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}.$$

Води слід взяти  $m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 5,87 = 194,13$  г, або приблизно 194 мл. Як і в попередньому прикладі, сіль зважують на технохімічних терезах, а воду відміряють циліндром на 250 мл. Далі роблять так само, як описано в прикладі 1.

**Приклад 3.** Приготувати 0,5 л 20 %-го розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , виходячи з концентрованого розчину, густина якого  $1,84 \text{ г/см}^3$ .

**Розв'язання.** Користуючись довідковою таблицею (Додаток А, табл. А.2), знаходимо, що густині  $1,84 \text{ г/см}^3$  відповідає кислота з вмістом 96 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а 20 %-му розчину відповідає кислота з густиною  $1,14 \text{ г/см}^3$ .

Обчислюємо маси вихідної кислоти і води, необхідні для отримання заданого розчину.

Маса розчину становить  $m_p = 500 \cdot 1,14 = 570$  г, а вміст сульфатної кислоти в ньому дорівнює  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 570 \cdot 0,2 = 114$  г.

Обчислимо, в якому об'ємі концентрованого розчину сульфатної кислоти міститься 114 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1 \cdot 114}{1 \cdot 1,84 \cdot 0,96} = 64,6 \approx 65$  (мл).

Таким чином, для приготування 500 мл 20 %-го розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  необхідно взяти 65 мл 96 %-го розчину.

Проте, було б помилковим визначити об'єм води як різницю між об'ємами вихідного і одержуваного розчинів, тобто  $500 - 65 = 435$  мл, оскільки через хімічну взаємодію кислоти з водою і утворення гідратів відбувається стиснення розчину. Маса води визначається як різниця мас отриманого і вихідного розчину, а саме  $m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \cdot 1,14 - 64,6 \cdot 1,84 = 451,1$  г, що відповідає приблизному об'єму  $V(\text{H}_2\text{O}) = 451$  мл.

Під час приготування розчинів сульфатної кислоти **слід обережно вливати кислоту у воду**, і в жодному разі не навпаки (Рис. 4). Густина сульфатної кислоти майже в два рази більша за густину води, тому при вливанні сульфатної кислоти у воду вона проходить через весь шар води, що призводить до рівномірного підігріву всього об'єму розчину. Якщо ж воду доливати до концентрованої сульфатної кислоти, то сильний локальний розігрів практично обмежується верхніми шарами розчину, внаслідок чого вода перетворюється на пару, яка, вириваючись із розчину, призводить до його сильного розбризкування, що може стати причиною нещасного випадку – одержання звичайного або хімічного опіків.

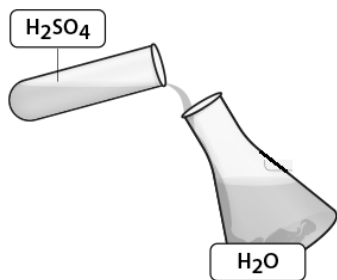


Рис. 4 – Приготування розчину  $H_2SO_4$

з колби, який потім приєднують до загальної маси розчину.

Воду (451 мл) відміряють циліндром на 500 мл і виливають у колбу об'ємом 750 мл. Концентровану сульфатну кислоту (65 мл) відміряють циліндром на 100 мл і тонким струменем обережно вливають у колбу з водою. Розчин в колбі перемішують колоподібними обертаннями колби. Залишкам концентрованої кислоти дають стекти до розчину, тримаючи циліндр над колбою під кутом  $45-50^\circ$ . Циліндр ополіскують невеликим об'ємом розчину

**Приклад 4.** Приготувати 100 г 36 %-го розчину  $H_3PO_4$  змішуванням у певному масовому співвідношенні 44- і 24 %-х розчинів ортофосфатної кислоти.

**Розв'язання.** Одразу можна скласти хрест:

$$\begin{array}{r}
 44 \quad \quad (36 - 24) = 12 \\
 \quad \diagdown \quad / \\
 \quad \quad 36 \\
 \quad / \quad \quad \diagdown \\
 24 \quad \quad (44 - 36) = 8
 \end{array}$$

у якому відношення різниць  $12 : 8 = 3 : 2$  покаже, в якому масовому відношенні слід змішати вихідні розчини для отримання розчину з необхідним масовим процентом. Так, для отримання 100 г 36 %-го розчину необхідно змішати 60 г 44 %-го та 40 г 24 %-го розчину.

Визначивши за довідковою таблицею густини вихідних розчинів –  $1,285 \text{ г/см}^3$  та  $1,14 \text{ г/см}^3$ , знайдемо їхні об'єми:

$$V(44 \text{ \% -го розчину } H_3PO_4) = \frac{60}{1,285} = 46,7 \approx 47 \text{ (мл)};$$

$$V(24 \text{ \% -го розчину } H_3PO_4) = \frac{40}{1,14} = 35,1 \approx 35 \text{ (мл)}.$$

Об'єми розчинів відміряють за допомогою циліндра на 50 мл і змішують у невеликій конічній колбі.

## Завдання для практичного виконання

### Дослід 1:

- 1) приготувати розчин натрію хлориду із заданою масовою часткою й заданого об'єму;
- 2) виміряти густину отриманого розчину за допомогою ареометра;
- 3) виміряти об'єм отриманого розчину; розрахувати відносну похибку за величинами виміряного та табличного значення величин густини;
- 4) розрахувати масову частку отриманого розчину.

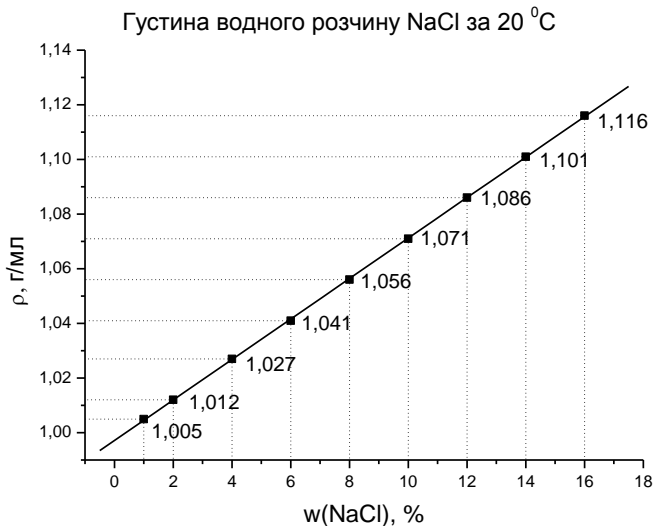
### Порядок виконання дослідів

1. Отримати завдання у викладача.

Варіанти завдань:

- 1) приготувати 60 мл 13 % розчину натрію хлориду;
- 2) приготувати 70 мл 4 % розчину натрію хлориду;
- 3) приготувати 65 мл 12 % розчину натрію хлориду;
- 4) приготувати 90 мл 3,5 % розчину натрію хлориду;
- 5) приготувати 100 мл 5 % розчину натрію хлориду;
- 6) приготувати 60 мл 2,5 % розчину натрію хлориду;
- 7) приготувати 75 мл 3 % розчину натрію хлориду;
- 8) приготувати 85 мл 6,5 % розчину натрію хлориду;
- 9) приготувати 65 мл 7,5 % розчину натрію хлориду;
- 10) приготувати 95 мл 8 % розчину натрію хлориду.

2. Провести розрахунок маси речовини та об'єму води, що необхідні для приготування розчину. Значення густини визначити за графіком (Рис. 5).



*Рис. 5 – Графік залежності густини розчину натрію хлориду від масової частки (параметри для рівняння лінійної регресії  $y = b + k \cdot x$ :  $b = 0,99714$ ;  $k = 0,00741$  ( $R 0,99996$ ))*

### 3. Приготувати розчин:

- а) зважити (взяти наважку) розраховану масу натрію хлориду на технічних вагах;
- б) перенести наважку натрію хлориду до хімічної склянки;
- в) виміряти необхідний об'єм дистильованої води за допомогою мірного циліндру;
- г) долити вимірний об'єм дистильованої води до склянки з наважкою натрію хлориду;
- д) перемішати розчин до повного розчинення солі (поки розчин не стане прозорим);
- е) виміряти густину отриманого розчину за допомогою ареометра. Для цього частину розчину (40–45 мл) перелити до мірного циліндру на 50 мл й обережно помістити до нього ареометр. Дочекати, доки ареометр не прийме стаціонарне положення. Записати значення густини приготовленого розчину;
- ж) обчислити масову частку приготовленого розчину за значенням експериментально визначеної густини розчину;
- з) обчислити абсолютну та відносну похибки експерименту.

**Дослід 2.** Виходячи з твердої солі, яка не містить кристалогідратної води, приготуйте розчин із заданим процентним вмістом розчиненої речовини:

- А) 100 г 5 %-го розчину  $\text{NaNO}_3$ ;
- Б) 50 г 3 %-го розчину  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;
- В) 70 г 8 %-го розчину  $\text{KNO}_3$ ;
- Г) 80 г 4 %-го розчину  $\text{NaNO}_3$ .

**Дослід 3.** Виходячи з твердого кристалогідрату, приготуйте розчин із заданим процентним вмістом розчиненої речовини:

- А) 100 г 3 %-го розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  з кристалічної соди складу  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;
- Б) 60 г 2 %-го розчину  $\text{ZnSO}_4$  з кристалогідрату складу  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;
- В) 80 г 5 %-го розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  з кристалогідрату складу  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;
- Г) 50 г 3 %-го розчину  $\text{MnSO}_4$  з кристалогідрату складу  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

**Дослід 4.** Виходячи з більш концентрованого розчину, приготуйте розчин із меншим процентним вмістом розчиненої речовини:

- А) 200 мл 20 %-го розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з 96 %-го розчину сульфатної кислоти;
- Б) 100 мл 10 %-го розчину  $\text{HCl}$  із 36 %-го розчину хлоридної кислоти;
- В) 100 мл 10 %-го розчину  $\text{HNO}_3$  із більш концентрованого розчину нітратної кислоти, концентрація якого попередньо визначається за допомогою ареометра;
- Г) 50 мл 15 %-го розчину  $\text{HNO}_3$  із більш концентрованого розчину нітратної кислоти, концентрація якого попередньо визначається за допомогою ареометра.

Приготовлені в досліді 2–4 розчини залишають на деякий час (10 хв) на робочому місці, щоб вони стали кімнатної температури, після чого встановлюють їхню концентрацію, вимірюючи густину за допомогою ареометра й порівнюючи отримані дані з густини розчинів із табличними (див. таблиці в додатку).

## **Лабораторна робота № 2.** **Приготування розчинів заданої молярної,** **нормальної та моляльної концентрацій**

**Мета роботи** полягає в здобутті навичок приготування розчинів із потрібною концентрацією.



## Рекомендації до виконання роботи

**Загальна інформація.** Для приготування розчинів з певною молярною або нормальною концентрацією використовуються мірні колби – плоскодонні круглі колби з вузьким горлом і пришліфованими скляними пробками (Рис. 6). Мірні колби випускаються різної ємності: на 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1 000 і більше мілілітрів. Ємність колби, так само як і температура, якій вона відповідає, вказується на самій колбі. Мірною колбою користуються і в тих випадках, коли необхідно розбавити розчин в певне число разів.

**Приклад 1.** Приготувати 250 мл 0,5 н розчину алюмінія сульфату, виходячи з кристалогідрату  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

**Розв'язання.** Обчислюють масу солі, необхідну для приготування заданого розчину, враховуючи при цьому кристалогідратну воду.



Рис. 6 – Мірна колба

Це пояснюється тим, що під час приготування розчинів, концентрація яких виражена в одиницях нормальності або молярності, маса води окремо не обчислюється, а визначається загальним об'ємом розчину, який готують, а отже, ємністю мірної колби.

У 250 мл 0,5 н розчину міститься  $0,5 \cdot 0,25 = 0,125$  г-екв  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ . Грам-еквівалент  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  дорівнює  $1/6$  грам-молекулярної маси солі та складає  $666,42 / 6 = 111,07$  г. Отже, для приготування розчину необхідно взяти  $111,07 \cdot 0,125 = 13,88$  г  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

Розраховану масу солі зважують в маленькому стакані на 50 мл, масу якого попередньо визначають на аналітичних або технохімічних терезах залежно від точності, з якою повинен бути приготовлений розчин. Під час зважування склянки з наважкою на технохімічних терезах масу округлюють до 13,9 г.

Наважку розчиняють у невеликій кількості води у тій самій склянці, в якій відбувалося зважування, після чого розчин переносять до мірної колби на 250 мл. При переливанні розчину зі склянки до мірної колби, в горло якої вставляють невелику воронку, склянку кілька разів ополіскують невеликою кількістю води, яку приєднують до розчину, після чого вміст колби розбавляють до мітки водою.

Розбавлення можна спочатку вести швидко, коли ж рівень рідини буде нижчий за мітку на 0,5–1 см, додавати воду слід по краплях, найкраще за

допомогою невеликої піпетки. Розбавлення можна вважати закінченим, коли нижній меніск рідини торкнеться мітки. Потім колбу закривають притертою пробкою, після чого перемішують розчин. Перемішування досягається багаторазовим перевертанням колби, яку тримають за шийку правою рукою, притримуючи пробку великим пальцем.

**Приклад 2.** Приготувати 200 мл 0,25 н розчину NaOH з 2 н розчину NaOH. Перевірити концентрацію отриманого розчину титруванням 0,250 н розчином HCl.

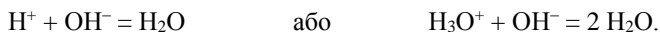
**Розв'язання.** Знаходять об'єм 2 н розчину NaOH, необхідний для приготування 200 мл 0,25 н розчину. Об'єми розчинів, що містять однакове кількість грам-еквівалентів, обернено пропорційні їхнім нормальностям:

$$v_{E1} = v_{E2}, \quad C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2, \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1},$$

тому  $\frac{2}{0,25} = \frac{200}{V_1}$ , звідки  $V_1 = 25$  (мл).

Обчислений об'єм відбирають піпеткою Мора на 25,00 мл. Для цього піпетку беруть пальцями правої руки за верхню подовжену частину, опускають її нижнім кінцем у розчин і обережно втягують його грушею-спринцівкою до об'єму, трохи вищого за позначку об'єму, після чого швидко і щільно закривають верхній отвір вказівним пальцем руки. Злегка послабивши натиск і тримаючи піпетку так, щоб позначка знаходилась на рівні очей, дають стекти надлишку розчину, доводячи нижній край меніска до позначки об'єму. Потім піпетку переносять до мірної колби на 200 мл, і дають розчину повільно й рівномірно витікати з піпетки до колби, після чого додають дистильовану воду до позначки на мірній колбі за нижнім меніском розчину.

В основі методів титрування кислот і основ лежить реакція нейтралізації, яка в класичному уявленні зводиться до взаємодії між гідроксид-аніонами основ і катіонами гідроксонію кислот за рівнянням:

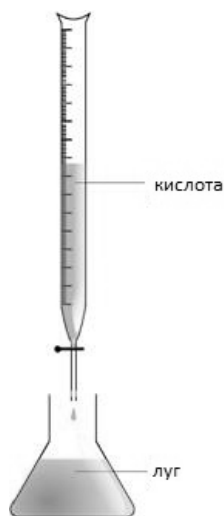


Процес титрування полягає в тому, що до аліквоти – точно відміряного об'єму лугу (або кислоти) – поступово додають із бюретки титрований розчин кислоти (або лугу) до досягнення точки еквівалентної, яка визначається за допомогою відповідного індикатора.

Поняття «титрований розчин» означає, що концентрація цього розчину (титр або нормальність) була попередньо встановлена з певним ступенем точності. У бюретку, надійно укріплену в штативі в строго вертикальному

положенні, наливають титрований розчин кислоти на 0,5–1,0 см вище нульової поділки. Залишок розчину зливають по краплях із бюретки доти, доки нижній меніск рідини не торкнеться нульової поділки, після чого можна приступати до проведення титрування. Наповнення бюретки до нульової поділки повторюють за кожного наступного титрування.

До конічної колби на 250 мл додають аліквоту (10,00 або 15,00 мл), відібрану піпеткою. Мора, додають 50–100 мл дистильованої води та 2 краплі розчину індикатора (метиловий помаранчевий у випадку титрування лугу розчином кислоти та фенолфталеїн у випадку титрування кислоти розчином лугу). Після цього до колби з розчином лугу при безперервному перемішуванні додають розчин кислоти з бюретки (Рис. 7).



*Установка для титрування*

Перше титрування є орієнтовним. До колби доливають із бюретки приблизно по одному мілілітру розчину кислоти й визначають цілі числа мілілітрів розчину, в інтервалі між якими індикатор змінює своє забарвлення. Припустимо, що це сталося між 20 і 21 мл, тобто за 20 мл забарвлення метилового помаранчевого ще залишалося жовтим, а за 21 мл набуло червоного забарвлення.

Наступне титрування повинно бути точним. До другої колби тією ж піпеткою відбирають нову аліквоту, до якої, як і під час першого титрування, додають приблизно такий самий об'єм води та індикатора. Хоча під час повторного титрування вже наперед відомий об'єм розчину кислоти, який може бути без побоювання доданий до розчину лугу (20 мл), проте приливання кислоти з бюретки проводять рівномірно й не занадто швидко. Після того, як до лугу доллють 20 мл кислоти, розчин із бюретки починають додавати по краплях.

Як тільки остання додана крапля викличе зміну забарвлення індикатору з жовтого на помаранчеве, титрування можна вважати закінченим. Припустимо, що цього разу на титрування витрачено 20,65 мл розчину кислоти.

Титрування повторюють ще раз і беруть середнє арифметичне з двох дослів, якщо вони не дуже сильно відрізняються один від одного (до 0,10 мл).

Так, якщо під час третього титрування витрата розчину кислоти склалає 20,75 мл, то середнє значення об'єму титранту становить:

$$V = \frac{20,65 + 20,75}{2} = 20,70 \text{ (мл)}.$$

Якщо ж під час третього титрування витрата розчину кислоти складає 20,76 мл, то титрування проводять і надалі до одержання щонайменше двох результатів, які збігатимуться в межах 0,10 мл.

Розчини солей із заданою молярною концентрацією готують так само, як і розчини з певною нормальністю. Різниця лише в тому, що маса солі, яка відповідає необхідному числу моль речовини, розчиняється в заданій масі розчинника.

**Приклад 3.** Приготувати 100 г розчину KCl із молярністю 0,2 моль/кг.

**Розв'язання.** Для приготування 0,2 молярного розчину слід розчинити 0,2 моль KCl, що складає  $74,56 \cdot 0,2 = 14,91$  г KCl у 1 000 г води. Загальна маса розчину становить 1014,91 г, а маса солі в 100 г розчину знаходиться з пропорції:

$$\begin{array}{rcl} \text{у } 1\,014,91 \text{ г розчину} & \text{—} & 14,91 \text{ г KCl;} \\ \text{у } 100 \text{ г} & \text{—} & m, \text{ г KCl.} \end{array}$$

$$\text{Звідки: } m = \frac{14,91 \cdot 100}{1014,91} = 1,469 \text{ (г).}$$

Отже, маса води становитиме  $100 - 1,469 = 98,531 \approx 98,53$  (г). Воду зважують у склянці ємністю 150 мл на технімічних терезах, а наважку солі – на невеликому годинниковому склі на аналітичних терезах.

### Завдання для практичного виконання

**Дослід 1.** Із твердих солей приготувати розчини із заданими концентраціями:

- А) 250 мл 0,5 н розчину  $\text{KNO}_3$ ;
- Б) 250 мл 0,2 н розчину  $\text{BaCl}_2$  із  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- В) 100 мл 0,5 н розчину  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;
- Г) 100 мл 0,25 н розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  із  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

**Дослід 2.** Виходячи із більш концентрованих розчинів лугів, приготувати розчини із заданими концентраціями:

- А) 100 мл 0,2 н розчину NaOH із 2 н розчину натрію гідроксиду;
- Б) 100 мл 0,2 н розчину KOH із однонормального розчину калію гідроксиду;
- В) 250 мл 0,2 н розчину NaOH із розчину того ж лугу з густиною  $1,12 \text{ г/см}^3$ ;
- Г) 250 мл 0,5 н розчину KOH із розчину того ж лугу з густиною

1,12 г/см<sup>3</sup>.

Перевірте концентрацію отриманих розчинів лугів шляхом титрування 0,2000 н розчином хлоридної кислоти (індикатор – метиловий помаранчевий).

**Дослід 3.** Виходячи із більш концентрованих розчинів кислот, приготувати розчини із заданими концентраціями:

А) 100 мл 0,5 М розчину сульфатної кислоти із 30 %-го розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

Б) 250 мл 0,5 н розчину HCl із розчину тієї ж кислоти з густиною 1,098 г/см<sup>3</sup>;

В) 100 мл 0,25 н розчину сульфатної кислоти з одномолярного розчину тієї ж кислоти;

Г) 250 мл 0,25 н розчину HCl із розчину тієї ж кислоти з густиною 1,098 г/см<sup>3</sup>.

Перевірте концентрацію отриманих розчинів кислот шляхом титрування 0,200 н розчином натрію гідроксиду (індикатор – фенолфталеїн).

Титрування слід вважати закінченим тоді, коли безбарвний розчин забарвиться в рожевий колір, що не зникатиме під час перемішування розчину за плавного кругового обертання колби.

### **Лабораторна робота № 3.**

#### **Визначення розчинності калію дихромату**

**Мета роботи** полягає в здобутті навичок визначення розчинності солей.

#### **Рекомендації до виконання роботи**

**1.** Зважити на технічних вагах близько 2 г розтертого в порошок калію дихромату й пересипати його до хімічної склянки на 50 мл. До склянки додати 10,0 мл дистильованої води. Поставити склянку на електричну піч з закритою спіраллю й нагрівати до повного розчинення солі. Дати охолонути отриманому прозорому розчину до кімнатної температури. Описати, що відбувається під час охолодження розчину й пояснити явище, яке спостерігається.

**2.** Коли кристали солі, що випадатимуть, повністю осядуть на дно склянки, й розчин над ними стане зовсім прозорим, невеликою кількістю цього розчину (близько 2 мл) сполосніть суху широку пробірку (на 10 мл) та злийте до неї розчин, ретельно стежачи за тим, щоб кристали туди не потрапили. Виміряйте температуру розчину. Вкажіть, чи можна вважати цей розчин насиченим за заданої температури.

**3.** Зважте бюкс на технічних вагах. Сухою піпеткою Мора відберіть із пробірки 2,0 мл (або 5,0 мл) розчину. Для цього кінчик піпетки опустіть до

рідини, до верхнього кінця піпетки приєднайте грушу та втягуйте повітря доти, доки рідина не підніметься вище риски на піпетці. Після цього вказівним пальцем швидко закрийте верхній отвір піпетки, підніміть піпетку над рідиною та, послабивши натиск пальця, випустіть по краплях надлишок розчину назад до пробірки до тих пір, доки рівень рідини (нижня межа мениска) не досягне риски. Щільно закривши пальцем верхній отвір піпетки, відміряний об'єм розчину перенесіть до попередньо висушеного за 150 °С бюксу. При цьому, щоб уникнути розбризкування рідини кінчиком піпетки доторкніться до стінки бюкса й відкрийте отвір піпетки, піднявши вказівний палець.

4. Зважте бюкс із розчином, потім помістіть його до сушильної шафи й тримайте там за температури близько 90 °С до повного видалення води. Збільшіть температуру до 150 °С й сушіть сіль протягом 30 хв. Після цього охолодіть бюкс з сіллю в ексікаторі до кімнатної температури і зважте. Повторіть операцію висушування за 150 °С та знову зважте бюкс із сіллю. Визначення слід вважати закінченим, якщо результати двох послідовних зважувань будуть відрізнятися не більше ніж на 0,02–0,03 г.

5. Запис даних досліду та розрахунки. Дані досліду запишіть у вигляді наступної таблиці (Таблиця 1).

6. На підставі отриманих даних обчисліть концентрацію насиченого розчину (розчинність) калію дихромату у відсотках, у моль/л, а також густину розчину.

Таблиця 1

Характеристика	Значення
Температура насиченого розчину, t, °С	
Об'єм насиченого розчину, взятий для визначення розчинності, V, мл	
Маса бюкса, m <sub>1</sub> , г	
Маса бюкса з розчином, m <sub>2</sub> , г	
Маса розчину калію дихромату, m <sub>3</sub> = m <sub>2</sub> – m <sub>1</sub> , г	
Маса бюкса з сухою сіллю: I зважування, m <sub>4</sub> , г; II зважування, m <sub>4</sub> , г; III зважування, m <sub>4</sub> , г (за необхідності)	
Маса сухого калію дихромату, m <sub>5</sub> = m <sub>4</sub> – m <sub>1</sub> , г	

### 3. ПРИКЛАДИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

*Числом укажіть послідовність слів у визначенні.*

*Приклад: Місто – ...*

*1) Столиця; 2) Київ; 3) України.*

*Відповідь: 2 1 3.*

**1. Розчин – це...**

- 1) два;                      2) гомогенна;                      3) або більше;  
4) компоненти;      5) суміш;                      6) що містить.

**2. Розчинник – це...**

- 1) що;                      2) компонент;                      3) зберігає;  
4) стан в розчині;      5) свій;                      6) агрегатний.

**3. Розчинник – це...**

- 1) якого;                      2) більше;                      3) в розчині;                      4) компонент.

**4. Розведений розчин – це...**

- 1) набагато;                      2) концентрація;                      3) розчин;  
4) якого;      5) за;                      6) розчинність;                      7) менше.

**5. Концентрований розчин – це...**

- 1) концентрація;                      2) мало;      3) від;                      4) якого;  
5) відрізняється;                      6) розчинності;                      7) розчин.

**6. Насичений розчин – це...**

- 1) існує;      2) рівновага;                      3) розчинник;                      4) динамічна;  
5) в якому;      6) твердою фазою;                      7) та розчином;      8) між.

**7. Пересичений розчин – це...**

- 1) в якому;                      2) більша;                      3) розчин;  
4) за розчинність;                      5) нерівноважний;                      6) концентрація.

**8. Масована частка речовини в розчині – це...**

- 1) розчиненої;                      2) маса;                      3) в 100 грамах;  
4) речовини;                      5) розчину.

9. Молярна концентрація – це...

- 1) розчиненої;                    2) моль;                    3) розчину;  
4) в літрі;                    5) число;                    6) речовини.

10. Нормальність – це...

- 1) розчиненої;                    2) моль;                    3) число;    4) еквівалентів;  
5) речовини;                    6) в літрі;                    7) розчину.

11. Моляльність – це...

- 1) розчиненої;                    2) в кілограмі;                    3) моль;  
4) розчинника;                    5) число;                    6) речовини.

12. Титр – це...

- 1) розчиненої;                    2) маса;                    3) в одному мілілітрі;  
4) розчину;                    5) речовини.

13. Розведення – це...

- 1) розчинника;    2) з метою;                    3) концентрації;    4) додавання;  
5) зменшення;    6) до розчину;                    7) його.

14. Концентрування – це...

- 1) додавання;    2) з метою;                    3) речовини;                    4) розчиненої;  
5) збільшення;    6) до розчину;                    7) його;                    8) концентрації.

*Наступні питання мають тільки одну правильну відповідь.*

*Наприклад: Столиця України – ...*

*1) Київ; 2) Донецьк; 3) Львів; 4) Харків.*

*Відповідь: 1.*

15. Розчинником в повітрі є ...

- 1) N<sub>2</sub>;                    2) O<sub>2</sub>;                    3) H<sub>2</sub>O;                    4) CO<sub>2</sub>;                    5) Ar.

16. Риби дихають тому, що у морській воді розчинено:

- 1) N<sub>2</sub>;    2) NaCl;    3) O<sub>2</sub>;    4) NaBr;    5) вуглеводні.

17. Формула для переводу W в C<sub>m</sub>:

- 1)  $\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{E}$ ;                    2)  $\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M}$ ;                    3)  $\frac{\rho \cdot \omega}{100}$ ;                    4)  $\frac{1000 \cdot \omega}{M(100 - \omega)}$ .



18. Формула для переводу  $C_M$  в  $C_m$ :

1)  $\frac{M \cdot C_M}{10 \cdot \rho}$ ;    2)  $\frac{1000 \cdot C_M}{1000 \cdot \rho - C_M \cdot M}$ ;    3)  $\frac{1000 \cdot T}{E}$ ;    4)  $\frac{C_M \cdot M}{1000}$ .

19. Формула для переводу  $T$  в  $C_M$ :

1)  $\frac{1000T}{\rho}$ ;    2)  $\frac{1000T}{M}$ ;    3)  $\frac{1000T}{E}$ ;    4)  $\frac{1000T}{M(\rho - T)}$ .

20. Формула для переводу  $C_H$  в  $C_M$ :

1)  $\frac{C_H \cdot E}{10 \cdot \rho}$ ;    2)  $\frac{C_H \cdot E}{M}$ ;    3)  $\frac{1000 \cdot C_H}{1000 \cdot \rho - C_H \cdot E}$ ;    4)  $\frac{C_H \cdot E}{1000}$ .

21. Вкажіть концентрацію в законі еквівалентів:

- 1) молярність;    2) моляльність;  
3) нормальність;    4) титр.

22. Вкажіть розчин, де маса NaOH найбільша:

- 1)  $V = 20$  мл,  $C_M = 0,1$  моль/л;    2)  $m_{\text{роз}} = 10$  г,  $\omega = 1$  %;  
3)  $V = 20$  мл ( $\rho = 1,01$  г/мл),  $\omega = 1$  %.

23. Найбільше число йонів у розчині:

- 1) 30 мл 0,1 моль/л NaOH;    2) 50 мл 0,08 моль/л  $MgSO_4$ ;  
3) 15 мл 0,1 моль/л  $Al_2(SO_4)_3$ .

24. В істинних розчинах розміри частинок \_\_\_\_\_ м.

25. У колоїдних розчинах розміри частинок розчиненої речовини \_\_\_\_ м.

26. У 50 г 20 %-го розчину \_\_\_\_\_ г розчинника.

27. За концентрування найбільша концентрація у хресті дорівнює \_\_\_\_ %.

28. За розведення найменша концентрація у хресті дорівнює \_\_\_\_\_ %.

На наступні питання є декілька відповідей. Укажіть їх відповідними цифрами.

Наприклад: Столицею України в різні часи були ...

1) Київ; 2) Сімферополь; 3) Харків; 4) Львів.

Відповідь: 1, 3.

**29.** За агрегатним станом розчини можуть бути:

- 1) тверді;                      2) розведені;                      3) газуваті;  
4) гомогенні;                5) гетерогенні;                    6) насичені.

**30.** За співвідношенням розчинність–концентрація розчини бувають:

- 1) гомогенні;                2) розведені;                      3) концентровані;  
4) газуваті;                5) насичені;                      6) пересичені.

**31.** За розміром частинок компонентів розчини поділяються на:

- 1) істинні;                    2) гетерогенні;                    3) грубодисперсні;  
4) колоїдні;                5) гомогенні.

**32.** Однакову молярність та нормальність мають розчини:

- 1) КОН;                      2) Ca(OH)<sub>2</sub>;                      3) MgSO<sub>4</sub>;  
4) KCl;                      5) Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>+</sup>.

**33.** Густина потрібна при переводі:

- 1) C<sub>m</sub> → ω;                2) ω → C<sub>m</sub>;                    3) C<sub>m</sub> → T;                    4) C<sub>m</sub> → T.

**34.** Однакову концентрацію мають розчини HCl:

- 1) 0,358 % (ρ = 1,02) та 0,1 моль/л;                    2) 0,00365 г/мл та 0,1 моль/л;  
3) 0,358 % (ρ = 1,02) та 0,101 моль/л;                4) 0,0365 г/мл та 0,1 моль/л.

У наступних питаннях встановіть відповідність між лівими та правими частинами завдання. Для цього до наведених великих букв додайте або цифри, або цифри з малими буквами.

Наприклад:

Країна

Столиця

А. Австрія

1) Київ

Б. Україна

2) Варшава

В. Польща

3) Відень

Відповідь: А 3, Б 1, В 2

35. Установіть відповідність:

Розчин	Об'єкт	
А. Газуваті	1) сплав	4) мінерал
Б. Тверді	2) скло	5) настоянка йоду
В. Рідкі	3) повітря	6) Н в паладії

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_.

36. Установіть відповідність:

Компоненти розчину	Об'єкт	Речовина
А. Газ в газі	1) повітря	а) $\text{FeWO}_4$ , $\text{MgWO}_4$ і $\text{MnWO}_4$
Б. Тверде в рідині	2) вольфраміт	б) $\text{N}_2$ і $\text{O}_2$
В. Тверде в твердому	3) антисептик	в) $\text{I}_2$ і $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Г. Газ в рідині	4) сплав	г) $\text{Pb}$ і $\text{Sn}$
	5) клатрат	д) $\text{Ar}$ і $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

Відповідь: А \_\_ \_\_ \_\_, Б \_\_ \_\_ \_\_, В \_\_ \_\_ \_\_, Г \_\_ \_\_ \_\_.

37. Установіть відповідність для грубодисперсних систем:

Тип системи	Складові
А. Суспензія	1) рідина в газі
Б. Емульсія	2) тверде в рідині
В. Дим	3) рідина в рідині
Г. Туман	4) тверде в газі

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_, Г \_\_\_\_.

38. Установіть відповідність:

Співвідношення концентрація (С)–розчинність (S)	Розчин
А. $C < S$	1) розведений
Б. $C > S$	2) концентрований
В. $C = S$	3) насичений
	4) пересичений

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_.

39. Установіть відповідність:

Розмір частинки	Тип розчину
А. $10^{-10} - 10^{-9}$ м	1) колоїдний
Б. $10^{-9} - 10^{-7}$ м	2) істинний
В. $> 10^{-7}$ м	3) грубодисперсна система

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_.

40. Установіть відповідність:

Рівновага	При збільшені Т розчинність:
А. $A_{(г)} \rightleftharpoons A_{(р)}$	1) збільшується
Б. $A_{(г)} \rightleftharpoons A_{(р)} + Q$	2) зменшується
В. $A_{(рід)} \rightleftharpoons A_{(р)} - Q$	3) не змінюється

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_.

41. Установіть відповідність:

Рівновага	При збільшені Р розчинність:
А. $A_{(г)} \rightleftharpoons A_{(р)}$	1) збільшується
Б. $A_{(г)} \rightleftharpoons A_{(р)}$	2) зменшується
В. $A_{(рід)} \rightleftharpoons A_{(р)}$	3) не змінюється

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_.

42. Установіть відповідність, що відбувається при додаванні  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  до розчину  $CuSO_4$ :

ω розчину $CuSO_4$	При збільшені Р розчинність:
А. 6,4 %	1) не змінюється
Б. 64 %	2) збільшується
В. 65 %	3) зменшується

Відповідь: А \_\_\_\_, Б \_\_\_\_, В \_\_\_\_.

#### 4. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Наведіть факти, що свідчать про утворення у водних розчинах хімічних сполук між розчищеною речовиною та водою. Опишіть схожість та різницю між розчинами та механічними сумішами.

2. Наведіть класифікацію розчинів за агрегатним станом. Вкажіть принципи віднесення компонентів розчину до розчинника та розчиненої речовини.

3. Від яких факторів залежить розчинність речовин. Для яких розчинів існує динамічна рівновага між компонентами розчину та розчином? Використовуючи принцип Ле Шательє, проаналізуйте зсув цієї рівноваги при зміні температури та тиску.

4. Дайте визначення розведених, концентрованих та насичених розчинів. Чи може розчин бути одночасно насиченим та розведеним; концентрованим та ненасиченим?

5. Охарактеризуйте масові, об'ємні та безрозмірні способи виразу концентрації розчинів.

6. Напишіть математичний вираз закону еквівалентів для реакції у розчинах. Чому для розрахунків взаємодій, що відбуваються у розчинах, краще за все використовувати нормальні концентрації?

7. Виведіть формули для перерахунку масової частки у процентах в молярну, нормальну, молярну концентрації, використовуючи як додаткові дані лише густину розчину та мольну масу розчиненої речовини.

8. Зробіть математичний вивід «правила хреста», використовуючи наступні дані: а) при змішуванні А г (а) %-го та В г (в) %-го розчинів отримали (с) %-й розчин; б) при змішуванні А мл (а) моль/л та В мл (в) моль/л розчинів отримали (с) моль/л розчин.

9. Поясніть зміну об'єму при розчиненні сірчаної кислоти у воді.

10. Чи можливо у «правилі хреста» використовувати молярність, нормальність чи мольну долю?

## 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ЗА ТЕМОЮ «КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ»

### Варіант 1

1. Змішали 300 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 3,539$  моль/л та 100 мл розчину цієї ж кислоти з  $C = 1,673$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 3,073 моль/л.*

2. Обчисліть масу алюмінію, що здатна прореагувати з 90 мл 15 %-го розчину хлоридної кислоти (густина 1,06 г/мл) з утворенням алюмінію хлориду.

*Відповідь: 3,53 г.*

3. Визначте нормальність і молярність 8 %-го розчину сульфатної кислоти ( $\rho = 1055$  мг/см<sup>3</sup>).

*Відповідь:  $C_H = 1,72$  моль/л;  $C_M = 0,86$  моль/л.*

4. Обчисліть масову частку натрію дигідрогенфосфату в розчині, що приготовлений розчиненням 15 г  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  у 150 г води.

*Відповідь: 7.9 %.*

5. Який об'єм гідрогенхлориду, що виміряли за  $P = 99,2$  кПа та  $T = 33$  °С, потрібний для реакції солеутворення з 600 мл 22,4 %-го розчину  $\text{KOH}$  (густина 1,2 г/мл)?

*Відповідь: 73,86 л.*

6. Змішуванням 3 М і 0,6 н розчинів калію дихромату отримали 600 мл розчину з  $C_M = 2,55$  моль/л. Визначте об'єми вихідних розчинів.

*Відповідь: 500 мл; 100 мл.*

7. Розчинність  $\text{CuSO}_4$  за температури 30 °С дорівнює 25 г на 100 г води. Проведіть розрахунок і встановіть, чи буде 18 % розчин цієї солі насиченим за заданої температури.

*Відповідь: ні.*

8. До 10 г 8 %-го розчину калію хлориду додали 1,5 г твердого  $\text{KCl}$ . Розрахуйте масову частку отриманого розчину та кількість моль  $\text{KCl}$  в ньому.

*Відповідь: 20 %; 0,0309 моль.*

9. Для нейтралізації 220 мл розчину сульфатної та нітратної кислот витратили 85 г 24 %-го розчину  $\text{NaOH}$ . За подальшого випарювання утвори-

лося 37,75 г суміші безводних нітрату та сульфату натрію. Визначте молярну концентрацію кислот у розчині.

*Відповідь: 0,5 моль/л  $\text{HNO}_3$  та 0,91 моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти купруму (II) сульфату в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,0135 г/мл та 1,0769 г/мл.

*Відповідь: 1,48 % та 7,35 %.*

## Варіант 2

1. Змішали однакові об'єми розчинів  $\text{HNO}_3$  з  $C = 7,911$  моль/л та з  $C = 1,673$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію отриманого розчину.

*Відповідь: 4,792 моль/л.*

2. Для нейтралізації деякої кількості хлоридної кислоти виявилось достатньо додати 30 мл 5 %-го розчину натрію гідроксиду (густина 1,05 г/мл). Обчисліть масу аргентуму хлориду, яка утвориться з такої ж кількості кислоти при додаванні надлишку аргентуму нітрату.

*Відповідь: 5,74 г.*

3. Знайдіть масовий процент сульфатної кислоти у її п'ятимолярному розчині ( $\rho = 1,29$  г/см<sup>3</sup>).

*Відповідь:  $w = 37,98$  %.*

4. Скільки грамів кристалогідрату  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  та води потрібно взяти для приготування 175 г 6,2 %-го розчину барію хлориду?

*Відповідь: 12,73 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  та 162,27 г  $\text{H}_2\text{O}$ .*

5. Гідроохлорид об'ємом 30 л ( $-15$  °С, 95,3 кПа) розчинили в 1 кг води. Розрахуйте масу  $\text{AgNO}_3$ , необхідну для взаємодії з 20 г отриманого розчину. Обчисліть масову частку  $\text{HCl}$  у розчині.

*Відповідь: 4,64 %; 4,25 г.*

6. Який об'єм 92 %-го розчину сульфатної кислоти ( $\rho = 1,83$  г/см<sup>3</sup>) необхідно додати до 250 мл її розчину, в якому мольний процент  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дорівнює 0,8 (густина 1,03 г/см<sup>3</sup>), щоб одержати розчин із молярністю 6 моль/л?

*Відповідь: 125 мл.*

7. Скільки грамів солі виділиться після охолодження 100 г насиченого за 55 °С розчину до температури 10°С, якщо розчинність при 55 °С дорівнює 40 г, а за 10 °С – 20 г на 100 г розчину?

*Відповідь: 14,28 г.*

8. До води масою 500 г додали розчин  $MgSO_4$  з  $\omega = 48,78\%$  і отримали розчин із  $\omega = 10\%$ . Визначте масу отриманого розчину.

*Відповідь: 628,93 г.*

9. Для осадження барію сульфату з 6,419 г суміші сульфатів калію та натрію використали 28,5 г 31 % розчину барію хлориду. Визначте склад суміші сульфатів у мас. %.

*Відповідь: 32,53 %  $K_2SO_4$  й 67,47 %  $Na_2SO_4$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину NaCl від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
$\rho$ , г/мл	1,005	1,012	1,027	1,041	1,056	1,071	1,086	1,101	1,116

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(NaCl) = 3,5\%$  та 14,5 %.

*Відповідь: 1,023 г/мл та 1,104 г/мл.*

### Варіант 3

1. Змішали 300 мл розчину  $HNO_3$  з  $w = 20\%$  ( $\rho = 1,115$  г/мл) та 100 мл розчину цієї ж кислоти з  $w = 10\%$  ( $\rho = 1,0543$  г/мл). Обчисліть масову частку нітратної кислоти в одержаному розчині.

*Відповідь: 17,7 %.*

2. Для утворення середньої солі до 55 мл розчину сульфатної кислоти (густина 1,025 г/мл) виявилось достатньо додати 58 мл 8 %-го розчину натрію гідроксиду (густина 1,06 г/мл). Розрахуйте масовий процент сульфатної кислоти в розчині.

*Відповідь: 21,38 %.*

3. Розрахуйте масу  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , яка потрібна для приготування 0,5 л розчину, що містить  $5 \cdot 10^{-3}$  г  $KAl(SO_4)_2$  в 1 мл. Визначте його молярність та нормальність.

*Відповідь:  $m = 4,59$  г;  $C_M = 0,0194$  моль/л;  $C_N = 0,0776$  моль/л.*

4. Яку масу мідного купоросу слід розчинити в 210 г води, щоб добути розчин із масовою часткою 12 %?

*Відповідь: 9,23 г.*

5. У 680 г води розчинили 520 л газоподібного аміаку (15 °С, 1,5 атм). Розрахуйте масовий процент аміаку в отриманому розчині.

*Відповідь: 45,21 %.*



6. Який об'єм 4 н розчину КОН слід додати до 5 л 0,7 н розчину КОН, щоб одержати двонормальний розчин?

*Відповідь: 3,25 л.*

7. Розчинність солі, яка не утворює кристалогідратів, за 20 °С та 83 °С становить відповідно 14,2 та 65,3 г на 100 г води. Яку масу солі та води треба взяти, щоб, провівши перекристалізацію охолодженням насиченого розчину від 83 °С до 20 °С, добути 1,5 кг солі?

*Відповідь: 1 917 г солі та 2 935 г води.*

8. Скільки моль води слід додати до 32 г 5 %-го розчину  $\text{CuSO}_4$ , щоб отримати 3,5 %-ий розчин купруму (II) сульфату?

*Відповідь: 0,762 моль.*

9. Суміш  $\text{K}_2\text{CO}_3$  та  $\text{KHCO}_3$  масою 5,588 г повністю розкладається 120 мл 0,6 М розчину  $\text{HCl}$ . Встановіть склад суміші у мас. %.

*Відповідь: 64,21 %  $\text{K}_2\text{CO}_3$  і 35,79 %  $\text{KHCO}_3$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину  $\text{NaCl}$  від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти натрію хлориду в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,013 г/мл та 1,099 г/мл.

*Відповідь: 2,15 % та 13,77 %.*

#### Варіант 4

1. Змішали 450 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 5,618$  моль/л та 150 мл розчину цієї ж кислоти з  $C = 1,673$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 4,632 моль/л.*

2. Встановіть, якою має бути молярна концентрація розчину ацетатної кислоти  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (200 мл), щоб повністю пройшла реакція з розчином натрію гідроксиду (0,3 моль; 500 мл).

*Відповідь: 0,75 моль/л.*

3. У 120 мл води розчинили натрію гідроксид та отримали 16 %-й розчин. Визначте масу гідроксиду, що розчинили, та молярність розчину.

*Відповідь:  $m = 22,86$  г;  $C_m = 3,4$  моль/кг.*

4. Яку масу 38 %-го розчину  $MgSO_4$  слід взяти, щоб після додавання до нього 10 г  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  отримати 42 %-й розчин  $MgSO_4$ ?

*Відповідь: 16,95 г.*

5. Обчисліть, який об'єм займатиме аміак (за 15 °С, 770 мм рт. ст.), який міститься у 3,2 л його 35 %-го розчину (густина 0,882 г/мл).

*Відповідь: 658 л.*

6. Змішали 125 мл 0,6 н і 5 %-й (густина 1,2 г/мл) розчину амонію хлориду. Отримали розчин з  $C_M = 0,95$  моль/л. Визначте об'єм 5 %-го розчину амонію хлориду, який було додано.

*Відповідь: 0,25 л.*

7. У воді масою 100 г за температури 20 °С розчиняється натрію гідроксид масою 108,7 г. Яку масу  $NaOH$  і води потрібно взяти, щоб приготувати насичений за температури 20 °С розчин лугу масою 52 г?

*Відповідь: 24,92 г води та 27,08 г  $NaOH$ .*

8. Розрахувати масову частку натрію хлориду в вихідному розчині, якщо при додаванні до нього 5,3 г твердої солі утворюється 68 г 26 %-го розчину.

*Відповідь: 19,74 %.*

9. Суміш, яка містить  $K_2SO_4$  та  $MgSO_4$ , масою 2,1507 г розчинили у воді. До отриманого розчину додали надлишок  $BaCl_2$ , у результаті чого утворилося 2,7872 г барію сульфату. Визначте склад суміші у мас. %.

*Відповідь: 18,69 % магнію сульфату та 81,31 % калію сульфату.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(CuSO_4) = 5,25$  % та 6,75 %.

*Відповідь: 1,0542 г/мл та 1,0704 г/мл.*

### Варіант 5

1. Змішали 450 мл розчину  $HNO_3$  з  $w = 30$  % ( $\rho = 1,18$  г/мл) та 150 мл розчину цієї ж кислоти з  $w = 10$  % ( $\rho = 1,0543$  г/мл). Обчисліть масову частку нітратної кислоти в одержаному розчині.

*Відповідь: 25,58 %.*

2. Обчисліть, який об'єм 4,5 %-го розчину сульфатної кислоти (густина 1,03 г/мл) необхідно використати для повної взаємодії з 50 г технічного натрію гідрокарбонату, що містить 16 % інертних домішок.

*Відповідь: 1,06 л.*

3. Визначте титр (мг/мл) розчинів: а) KCl:  $C_H = 0,2$  моль/л,  $\rho = 1,025$  г/см<sup>3</sup>; б) KOH:  $w = 30$  %,  $\rho = 1,286$  г/мл.

*Відповідь: а) 14,9; б) 385,8.*

4. Скільки грамів Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·10H<sub>2</sub>O необхідно розчинити у воді для одержання 197 г 7 %-го розчину Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>?

*Відповідь: 18,35 г.*

5. Яку масу карбонату кальцію можна розчинити у 120 мл 20 %-го розчину хлоридної кислоти (густина 1,1 г/мл)? Розрахуйте об'єм, який буде займати газ за 39 567 Па та  $T = -5$  °С.

*Відповідь: 35 г; 20,27 л.*

6. Змішали 3 л 0,1 М розчину ортофосфатної кислоти з 2 л 9 %-го розчину тієї ж кислоти (густина 1,05 г/мл). Знайдіть нормальність отриманого розчину.

*Відповідь: 1,34 моль/л.*

7. У 100 г води при 0 °С розчиняється натрію фторид масою 4,1 г, а за 40 °С – 4,5 г. Яка маса NaF виділиться після охолодження насиченого за 40 °С розчину NaF масою 350 г до температури 0 °С?

*Відповідь: 1,34 г.*

8. Визначити масову частку солі у вихідному розчині, якщо при додаванні до нього 100 см<sup>3</sup> води утворилося 305 г 8,4 %-го розчину.

*Відповідь: 12,5 %.*

9. Для нейтралізації 120 мл розчину хлоридної та нітратної кислот витратили 85 мл 0,5 н розчину KOH. Під час нейтралізації 200 мл цього розчину KOH та випарюванні утворюється 3,96 г суміші безводних KNO<sub>3</sub> та KCl. Визначте молярну концентрацію кислот у розчині.

*Відповідь: 0,25 моль/л HNO<sub>3</sub> та 0,1 моль/л HCl.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину NaCl від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти натрію хлориду в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,042 г/мл та 1,062 г/мл.

*Відповідь: 6,07 % та 8,77 %.*

### Варіант 6

1. Змішали 600 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 5,618$  моль/л та 200 мл розчину цієї ж кислоти з  $C = 0,8138$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 4,42 моль/л.*

2. Визначте молярну концентрацію розчину аргентуму нітрату (300 мл), що необхідна для повної взаємодії з 0,02 моль  $\text{SrCl}_2$ .

*Відповідь: 0,13 моль/л.*

3. Визначте титр 0,1 н розчину хлоридної кислоти. Обчисліть масову частку кислоти у 17 мл цього розчину ( $\rho = 1,1$  г/мл).

*Відповідь:  $T = 3,65$  мг/мл;  $w = 3,01$  %.*

4. Для приготування 7,2 %-го розчину  $\text{MgSO}_4$  340 г,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  розчинили у воді. Знайдіть масу отриманого розчину.

*Відповідь: 2303,5 г.*

5. До 45 мл розчину натрію карбонату додали надлишок розчину хлоридної кислоти. При цьому виділилося 500 мл газу (виміряного за н. у.). Визначте нормальність і молярність карбонату в розчині.

*Відповідь:  $C_M = 0,5$  моль/л;  $C_N = 1$  моль/л.*

6. У скільки разів слід розбавити 12 н розчин ортофосфатної кислоти, щоб одержати 1 М розчин?

*Відповідь: у 3 рази.*

7. Скільки грамів чистої солі можна добути перекристалізацією під час охолодження насиченого розчину від 90 до 10 °С, якщо у зразку, що береться, масою 3,5 кг міститься 3 % нерозчинних домішок? Розчинність солі при 90 та 10 °С відповідно становить 64,3 та 18,7 г на 100 г води.

*Відповідь: 2,395 кг.*

8. Визначте масу 12,05 %-го розчину хлоридної кислоти, який можна приготувати розведенням із 180 г 27,45 %-го розчину  $\text{HCl}$ .

*Відповідь: 410 г.*

9. Під час обробки 102,1 г суміші  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та  $\text{NaHCO}_3$  сульфатною кислотою утворилося 99,4 г безводного  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Визначте склад суміші у мас. %.

*Відповідь: 25,95 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та 74,5 %  $\text{NaHCO}_3$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину  $\text{NaCl}$  від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
$\rho$ , г/мл	1,005	1,012	1,027	1,041	1,056	1,071	1,086	1,101	1,116

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(\text{NaCl}) = 7,5\%$  та  $13,5\%$ .

*Відповідь: 1,053 г/мл та 1,097 г/мл.*

### Варіант 7

1. Змішали 600 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $w = 30\%$  ( $\rho = 1,18$  г/мл) та 200 мл розчину цієї ж кислоти з  $w = 5\%$  ( $\rho = 1,0256$  г/мл). Обчисліть масову частку нітратної кислоти в одержаному розчині.

*Відповідь: 24,44 %.*

2. До 650 мл 85 %-го розчину сульфатної кислоти (густина 1,78 г/мл) додали 350 мл 40 %-го розчину літію гідроксиду (густина 1,12 г/мл). Обчисліть, який об'єм 55 %-го розчину калію гідроксиду (густина 1,55 г/мл) потрібно додати до розчину для досягнення нейтрального середовища.

*Відповідь: 892 мл.*

3. Розрахуйте молярність і мольну частку 12 %-го розчину  $\text{KOH}$  ( $\rho = 1,616$  г/мл).

*Відповідь: 2,44 моль/кг; 4,20 %.*

4. У якій масі води слід розчинити 17 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , щоб отримати 6,7 %-й розчин  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?

*Відповідь: 55,82 г.*

5. Скільки мл 27 %-го розчину  $\text{KOH}$  (густина 1,25 г/мл) потрібно додати до надлишку амонію хлориду, щоб за  $17^\circ\text{C}$  та  $10^5$  Па отримати 40 л аміаку.

*Відповідь: 275 мл.*

6. Розрахуйте об'єми 0,35 моль/л розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  та води, які потрібно змішати, щоб одержати 1,5 л 0,2 моль/л розчину.

*Відповідь:  $V(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 857$  мл;  $V(\text{H}_2\text{O}) = 643$  мл.*

7. Скільки грамів солі викристалізується після охолодження 200 г насиченого за 85 °С розчину до 25 °С, якщо розчинність дорівнює: за 85 °С – 38,5 г, за 25 °С – 17,4 г на 100 г води?

*Відповідь: 30,47 г.*

8. Розрахувати об'єм 12 %-го розчину солі ( $\rho = 1,081$  г/мл), який необхідно додати до 100 см<sup>3</sup>, щоб отримати 5 %-й розчин.

*Відповідь: 66,08 мл.*

9. Під час розчинення у сульфатній кислоті 36,6 г суміші алюмінію та алюмінію оксиду утворилося 61,5 г безводного алюмінію сульфату. Визначте склад суміші у мас. %.

*Відповідь: 44 % алюмінію та 56 % алюмінію оксиду.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти купруму (II) сульфату в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,0533 г/мл та 1,0727 г/мл.

*Відповідь: 5,17 % та 6,96 %.*

### Варіант 8

1. Змішали 400 мл розчину HNO<sub>3</sub> з  $w = 25$  % ( $\rho = 1,1469$  г/мл) та 100 мл розчину цієї ж кислоти з  $w = 5$  % ( $\rho = 1,0256$  г/мл). Обчисліть масову частку нітратної кислоти в одержаному розчині.

*Відповідь: 21,18 %.*

2. Обчисліть масу BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, яку необхідно використати для реакції з 80 мл 3 %-го розчину сульфатної кислоти (густина 1,015).

*Відповідь: 6,1 г.*

3. У якому об'ємі 1 М розчину сульфатної кислоти міститься 4,9 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>? Укажіть молярність цього розчину.

*Відповідь: 50 мл; 0,96 моль/кг.*

4. Яку кількість MnSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O слід додати до 93 моль води для одержання 14,5 %-го розчину безводної солі?

*Відповідь: 2,091 моль.*

5. До 350 г металічного цинку додали 1,5 л 20 %-го розчину хлоридної кислоти (густина 1,1 г/мл). Визначте об'єм, який займатиме водень, що виділиться (101 325 Па та 40 °С), й масу цинку, що не прореагує.

*Відповідь: 116 л; 55,9 г.*

6. Визначте молярну концентрацію  $\text{Na}^+$  в розчині, який добуто змішуванням 135 мл 0,075 моль/л розчину  $\text{NaCl}$  та 95 мл 0,85 моль/л розчину  $\text{NaI}$ .

*Відповідь: 0,4 М.*

7. Яку масу солі та води необхідно використати для одержання 100 г перекристалізованої солі шляхом охолодження її насиченого за 75 °С розчину до 10 °С? Розчинність солі за 75 °С складає 87,6, а за 10 °С – 21,5 г / 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

*Відповідь: 151,3 г води та 132,5 г солі.*

8. Скільки грамів 48 %-го розчину  $\text{MgSO}_4$  необхідно додати до 10 г 38 %-го розчину цієї солі для отримання 42 %-го розчину?

*Відповідь: 6,67 г.*

9. Під час розчинення у воді 1,986 г суміші  $\text{NaN}$  та  $\text{CaH}_2$  утворився розчин лугів, на нейтралізацію якого витратили 175,5 мл 0,5 н розчину нітратної кислоти. Визначте склад суміші.

*Відповідь: 0,84 г  $\text{CaH}_2$  та 1,146 г  $\text{NaN}$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину  $\text{NaCl}$  від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
$\rho$ , г/мл	1,005	1,012	1,027	1,041	1,056	1,071	1,086	1,101	1,116

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(\text{NaCl}) = 2,5\%$  та 11,5%.

*Відповідь: 1,016 г/мл та 1,082 г/мл.*

### Варіант 9

1. Змішали 200 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $w = 26\%$  ( $\rho = 1,1534$  г/мл) та 50 мл розчину цієї ж кислоти з  $w = 13\%$  ( $\rho = 1,0721$  г/мл). Обчисліть масову частку нітратної кислоти в одержаному розчині.

*Відповідь: 23,5 %.*

2. До 850 мл 65 %-го розчину сульфатної кислоти (густина 1,58 г/мл) додали 1150 мл 35 %-го розчину натрію гідроксиду (густина 1,4 г/мл). Розрахуйте молярні концентрації речовин, що залишилися після закінчення реакції.

*Відповідь: 0,925 моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 3,525 моль/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .*

3. Розчин із якою концентрацією (г/мл) треба взяти для отримання 0,3 н розчину калію дихромату? Визначте молярність розчину.

*Відповідь: 44,1 мг/мл; 0,15 моль/кг.*

4. До якого об'єму 12 %-го розчину  $KAl(SO_4)_2$  ( $\rho = 1,94$  г/мл) слід додати 10 г  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , щоб отримати 14,5 %-й розчин?

*Відповідь: 82,33 мл.*

5. Скільки літрів карбону (IV) оксиду (14 °С, 1,03 атм) слід пропустити крізь 1,5 л 25 %-го розчину КОН (густина 1,23 г/мл) для отримання калію гідрокарбонату? Визначте масу отриманого  $KHCO_3$ .

*Відповідь: 188,3 л; 824 г.*

6. Який об'єм води слід додати до 300 мл 3 М розчину  $HNO_3$ , щоб одержати 0,3 М розчин?

*Відповідь: 2,7 л.*

7. Розчинність солі за температури 80°С дорівнює 25 г, а за 15 °С – 9,8 г на 100 г води. Визначте масу осаду, добутого після охолодження насиченого за 80 °С розчину масою 100 г до температури 15 °С.

*Відповідь: 12,16 г.*

8. Визначте маси 2 %-го та 22 %-го розчинів NaOH, потрібних для приготування 127 г 17 %-го розчину.

*Відповідь: 95,25 г 22 %-го та 31,75 г 2 %-го.*

9. Під час обробки 8,8 г суміші гідридів калію та натрію водою утворилося 185 мл розчину гідроксидів. Визначте склад суміші гідридів, якщо для нейтралізації отриманого розчину використано 700 мл 0,4 н розчину HCl.

*Відповідь: 5,2 г KH та 3,6 г NaH.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти купруму (II) сульфату в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,0395 г/мл та 1,0555 г/мл.

*Відповідь: 3,89 % та 5,37 %.*



## Варіант 10

1. Змішали 250 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $w = 30\%$  ( $\rho = 1,1800$  г/мл) та 50 мл розчину цієї ж кислоти з  $w = 6\%$  ( $\rho = 1,0312$  г/мл). Обчисліть масову частку нітратної кислоти в одержаному розчині.

*Відповідь: 26,7 %.*

2. Змішали 30 мл 1 М розчину хлоридної кислоти та 12,5 мл 2 н розчину натрію гідроксиду. Визначте молярні концентрації речовин у кінцевому розчині.

*Відповідь: 0,12 моль/л HCl; 0,60 моль/л NaCl.*

3. Для того, щоб отримати розчин із  $\chi(\text{CuCl}_2) = 6$ , наважку купрум(II) хлориду розчинили у 0,15 кг води. Визначте масу наважки.

*Відповідь: 67,5 г.*

4. Розрахуйте масу купоросу  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , яка потрібна для підвищення втричі концентрації  $\text{FeSO}_4$  в 97 г 2,75 %-го розчину.

*Відповідь: 11,49 г.*

5. Визначте об'єм 15 %-го розчину натрію гідроксиду (густина 1,18 г/мл), необхідний для взаємодії з 6,7 л сірководню (14 °C та 95 987 Па), якщо відомо, що при цьому утворюється  $\text{NaHS}$ .

*Відповідь: 60,91 мл.*

6. Змішуванням трьох розчинів ортофосфорної кислоти ( $C_{M1} = 0,3$  моль/л,  $V_1 = 250$  мл;  $C_{H2} = 6$  моль/л,  $V_2 = 0,3$  л;  $C_{H3} = 2$  моль/л;  $V_3 = 150$  мл) отримали четвертий розчин. Визначте молярну й нормальну концентрації отриманого розчину.

*Відповідь:  $C_M = 1,1$  моль/л;  $C_N = 3,3$  моль/л.*

7. Які маси води та оксалатної кислоти  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  потрібно взяти для того, щоб одержати після перекристалізації 54,6 г дигідрату кислоти охолодженням насиченого при 90 °C розчину до 10 °C? Розчинність безводної кислоти за 90 °C та 10 °C відповідно становить 120 г та 5,3 г на 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

*Відповідь: 17,32 г води та 55,9 г  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .*

8. Розрахувати масову частку розчину кислоти, якщо при змішуванні 41 г його з 7 %-м розчином утворюється 98 мл 10 %-го розчину з густиною 1,095 г/см<sup>3</sup>.

*Відповідь: 17,85 %.*

9. Для осадження аргентуму хлориду з 3,6 г суміші калію хлориду та магнію хлориду використали 53,35 г 21 % розчину аргентуму нітрату. Визначте склад суміші хлоридів у мас. %.

*Відповідь: 35,83 % калію хлориду та 64,17 % магнію хлориду.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(\text{CuSO}_4) = 1,75\%$  та 4,5 %.

*Відповідь: 1,0164 г/мл та 1,0461 г/мл.*

### Варіант 11

1. Змішали три розчини  $\text{HNO}_3$ : 300 мл з  $C = 3,539$  моль/л, 200 мл з  $C = 1,673$  моль/л та 100 мл з  $C = 0,3203$ . Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 2,381 моль/л.*

2. Розрахуйте масу аргентуму нітрату, яка необхідна для обмінної реакції з 30 г 12 %-го розчину хлоридної кислоти.

*Відповідь: 16,77 г.*

3. Розчин  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ( $\rho = 1,22$  г/мл,  $w = 23\%$ ) об'ємом 10 мл додали до 150 мл води. Визначте молярність і молярність розчину.

*Відповідь: 0,125 моль/кг; 0,125 моль/л.*

4. До 10,1 г 5 %-го розчину  $\text{BeSO}_4$  додали 4,6 г  $\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Розрахуйте масову частку  $\text{BeSO}_4$  та масу води в отриманому розчині.

*Відповідь: 18,56 % та 11,47 г.*

5. Густина розчину натрію карбонату складає 1,22 г/мл. Із 2,0 л цього розчину при додаванні надлишку хлоридної кислоти отримано 89 л  $\text{CO}_2$  (0 °C та 101,3 кПа). Визначте процентний вміст карбонату в розчині та його молярну концентрацію еквіваленту.

*Відповідь: 17,3 %, 3,97 моль/л.*

6. Змішали 13 л 0,3 моль/л та 2 000 мл 0,5 моль/л розчинів натрію сульфату. Чому дорівнює молярна та нормальна концентрації розчину, що утворився?

*Відповідь:  $C_M = 0,33$  моль/л;  $C_N = 0,66$  моль/л.*

7. За температури 30 °C розчинність безводного натрію карбонату становить 29 г, а за 0 °C – 6,75 г на 100 г розчину. Скільки грамів кристалічної соди  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  виділиться після охолодження 273 г насиченого розчину від 30 °C до 0 °C?

*Відповідь: 143,5 г.*

8. Скільки грамів  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  необхідно додати до 16 %-го розчину, щоб отримати розчин масою 100 г з концентрацією солі 25 %?

*Відповідь: 10,71 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  та 89,29 г 16 %-го розчину.*

9. Для розчинення 15 г суміші цинку оксиду та цинку використали 134,67 мл 10 % розчину ( $\rho = 1,084$  г/мл) хлоридної кислоти. Визначте склад суміші.

*Відповідь: 5 г цинку та 10 г цинку оксиду.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти купруму (II) сульфату в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,0427 г/мл та 1,0601 г/мл.

*Відповідь: 4,19 % та 5,80 %.*

## Варіант 12

1. Змішали 250 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 5,618$  моль/л та 50 мл розчину цієї ж кислоти з  $C = 0,9819$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 4,85 моль/л.*

2. Розрахуйте масу розчину натрію гідроксиду ( $w = 10$  %), яка необхідна для реакції розкладання 100 г технічного амонію хлориду, що містить 6 % домішок.

*Відповідь: 702,8 г.*

3. Концентрація розчину натрію сульфату 300 мг/мл ( $\rho = 1,12$  г/мл). Визначте масову частку солі у розчині.

*Відповідь: 26,8 %.*

4. До якого об'єму 3,8 %-го розчину  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ( $\rho = 1,47$  г/мл) слід додати 8 г  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , щоб отримати 5,2 %- розчин?

*Відповідь: 257,3 мл.*

5. Який об'єм гідрогенхлориду, що вимірювався за  $14^\circ\text{C}$  та 134,56 кПа, потрібно розчинити у 0,3 л води, щоб приготувати розчин хлоридної кислоти з масовою часткою 25 %?

*Відповідь: 48,6 л.*

6. До якого об'єму 0,3 М розчину аміаку слід додати 25 мл 3,5 %-го розчину  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (густина  $0,88$  г/см<sup>3</sup>), щоб одержати розчин із  $C_M = 0,6$  моль/л?

*Відповідь: 100 мл.*

7. У 500 г води при нагріванні розчинили 300 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Яка маса  $\text{NH}_4\text{Cl}$  виділиться з розчину при охолодженні його до  $50^\circ\text{C}$ , якщо розчинність  $\text{NH}_4\text{Cl}$  за цієї температури дорівнює 50 г на 100 г води?

*Відповідь: 50 г.*

8. Розрахувати маси в грамах 9,5 %-го та 16 %-го розчинів  $\text{MgSO}_4$ , які потрібно взяти, щоб приготувати 250 г 14 %-го розчину  $\text{MgSO}_4$ .

*Відповідь: 173 г 16 %-го та 77 г 9,5 %-го.*

9. Суміш  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  та  $\text{NaHSO}_3$  масою 50 г повністю розкладається 1 л 0,605 М розчину  $\text{HCl}$ . Встановіть склад суміші у мас. %.

*Відповідь: 40 %  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  та 60 %  $\text{NaHSO}_3$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купруму (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(\text{CuSO}_4) = 2,25$  % та 3,5 %.

*Відповідь: 1,0218 г/мл та 1,0353 г/мл.*

### Варіант 13

1. Змішали 200 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 4,758$  моль/л та 50 мл розчину цієї ж кислоти з  $C = 2,212$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 4,25 моль/л.*

2. Під час взаємодії 25,8 мл 35 %-го розчину аміаку (густина 0,94 г/мл) з сульфатною кислотою утворюється амонію сульфат. Обчисліть масу солі, яка утворюється.

*Відповідь: 16 г.*

3. Розрахуйте нормальність розчину  $KAl(CO_3)_2$  ( $w = 16 \%$ ,  $\rho = 1,36$  г/мл).

*Відповідь: 4,7 моль/л.*

4. Скільки грамів кристалогідрату  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  та води треба взяти для приготування 112 г 5 %-го розчину магнію хлориду?

*Відповідь: 11,96 г  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  та 100,04 г  $H_2O$ .*

5. Густина розчину  $K_2CO_3$  складає 1,22 г/мл. З 1 л цього розчину дією хлоридної кислоти одержано 44,5 л  $CO_2$ , що вимірювався за  $0^\circ C$  та 101,3 кПа. Розрахуйте масову частку  $K_2CO_3$  у розчині та молярну концентрацію еквіваленту.

*Відповідь: 22,5 %; 4 моль/л.*

6. Розчин сульфатної кислоти ( $V = 10^4$  мл) з якою молярною концентрацією можна приготувати з 0,07 л 50%-го розчину ( $\rho = 1,4$  г/см<sup>3</sup>)?

*Відповідь: 0,05 M.*

7. У 100 г води за температури  $30^\circ C$  розчиняється 81,8 г  $NH_4Br$ . Під час охолодження насиченого за температури  $30^\circ C$  розчину  $NH_4Br$  масою 300 г до температури  $0^\circ C$  в осад випадає сіль масою 36,8 г. Визначте, яку масу  $NH_4Br$  можна розчинити у воді масою 100 г за температури  $0^\circ C$ .

*Відповідь: 38,65 г.*

8. Змішали 74 г 7 %-го та 29 г 14 %-го розчинів солі. Розрахуйте масову частку солі в отриманому розчині.

*Відповідь: 8,97 %.*

9. У 100 мл розчину міститься суміш сульфатної та хлоридної кислот. Під час нейтралізації цього розчину дією 400 г 7 %-го розчину  $KOH$  та наступному випарюванні утворилося 39,75 г суміші безводних  $K_2SO_4$  та  $KCl$ . Визначте молярну концентрацію кислот у розчині.

*Відповідь: 0,001 моль/л  $H_2SO_4$  та 0,003 моль/л  $HCl$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину  $NaCl$  від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти натрію хлориду в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,039 г/мл та 1,111 г/мл.

*Відповідь: 5,66 % та 15,39 %.*

### Варіант 14

1. Змішали 400 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 4,55$  моль/л та 100 мл розчину цієї ж кислоти з  $C = 0,8138$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 3,80 моль/л.*

2. До розчину аргентуму нітрату (215 г, 15,5 %) додали 265 г 8 %-го розчину натрію хлориду. Розрахуйте масу осаду, який утворився. Знайдіть, яка речовина й у якій кількості не прореагує.

*Відповідь: 28,13 г; 9,7 г  $\text{NaCl}$ .*

3. Визначте масову частку сульфатної кислоти в її розчині з концентрацією 6,80 моль/кг.

*Відповідь: 10,91 %.*

4. Знайдіть маси води та  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , які необхідні для приготування 1 л розчину, що містить 4 %  $\text{CuSO}_4$ . Густина 4 %-го розчину  $\text{CuSO}_4$  дорівнює 1,082 г/мл.

*Відповідь: 67,63 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  та 1014,37 г  $\text{H}_2\text{O}$ .*

5. Скільки мілілітрів 27 %-го розчину  $\text{KOH}$  ( $\rho = 1,25$  г/мл) слід додати до надлишку амонію хлориду, щоб за 17 °С та 750 мм рт. ст. одержати 38 л аміаку?

*Відповідь: 261 мл.*

6. Який об'єм води необхідно додати до 250 мл 4 н розчину купруму (II) сульфату, щоб отримати 1 М розчин цієї солі?

*Відповідь: 0,25 л.*

7. Розчин із масовою часткою аргентуму (I) нітрату 82 % є насиченим за температури 60 °С. При охолодженні 140 г цього розчину до температури 10 °С в осад випала сіль масою 71,2 г. Визначте розчинність  $\text{AgNO}_3$  за температури 10 °С.

*Відповідь: 173 г / 100 г води.*

8. Розрахуйте маси 25 %-го розчину натрію хлориду та твердої солі, які слід змішати для одержання 175 г 48 %-го розчину.

*Відповідь: 53,67 г твердої солі та 121,33 г 25 %-го розчину.*

9. Суміш  $\text{KHSO}_3$  та  $\text{NaHSO}_3$  масою 24,96 г повністю розкладається 122 мл 14 %-го розчину ( $\rho = 1,037$  г/мл)  $\text{HNO}_3$ . Встановіть склад суміші у мас. %.

*Відповідь: 48 %  $\text{KHSO}_3$  та 52 %  $\text{NaHSO}_3$ .*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину купрум (II) сульфату від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

З одержаного графіка знайдіть густину розчину за  $w(\text{CuSO}_4) = 2,5$  % та 7,5 %.

*Відповідь: 1,0245 г/мл та 1,0785 г/мл.*

### Варіант 15

1. Змішали 250 мл розчину  $\text{HNO}_3$  з  $C = 10,39$  моль/л з однаковим об'ємом розчину цієї ж кислоти з  $C = 1,673$  моль/л. Обчисліть молярну концентрацію одержаного розчину.

*Відповідь: 6,03 моль/л.*

2. Обчисліть масу 7 %-го розчину натрію гідроксиду, необхідну для реакції солеутворення з 300 г 18 %-го розчину  $\text{HCl}$ .

*Відповідь: 845 г.*

3. Визначте молярну концентрацію розчину амонію хлориду, якщо його титр  $T = 400$  мг/мл.

*Відповідь: 7,48 моль/л.*

4. Під час розчинення 10 г кристалогідрату магнію сульфату в воді масою 5,9 г одержано 42 %-ний розчин  $\text{MgSO}_4$ . Визначте формулу кристалогідрату.

*Відповідь:  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .*

5. Обчисліть, у якій масі води слід розчинити  $0,5 \text{ м}^3$  аміаку (13 °С, 1,05 атм), щоб отримати розчин з масовою часткою  $\text{NH}_3$  30 %.

*Відповідь: 888 г.*

6. Визначте молярну та нормальну концентрації розчину сульфатної кислоти, отриманого змішуванням двох розчинів:  $V_1 = 25$  мл,  $C_{\text{H}_1} = 6$  моль/л та  $V_2 = 40$  мл,  $C_{\text{M}_2} = 1,5$  моль/л.

*Відповідь:  $C_{\text{M}} = 2,14$  моль/л;  $C_{\text{H}} = 4,28$  моль/л.*

7. Розчинність солі за температури 50 °С становить 40 г, а за температури 10 °С – 15 г на 100 г води. Визначте масу осаду, добутого при охолодженні насиченого за 50 °С розчину масою 35 г до температури 10 °С.

*Відповідь: 6,25 г.*

8. Змішали 103 мл 6,45 %-го розчину ( $\rho = 1,05$  г/мл) та 47 мл 9,75 %-го розчину ( $\rho = 1,07$  г/мл) NaOH. Визначте масову частку отриманого розчину.

*Відповідь: 7,5 %.*

9. Під час розчинення 2,928 г суміші NaOH та KOH у воді утворилося 137 мл розчину гідроксидів. Визначте молярні концентрації еквівалентів гідроксидів в отриманому розчині, якщо для його нейтралізації використали 124 мл 0,5 н розчину HCl.

*Відповідь: 0,248 моль/л NaOH та 0,204 моль/л KOH.*

10. Використовуючи довідкові дані з залежності густини розчину NaCl від масового проценту, побудуйте лінійну залежність у координатах  $\rho = f(w)$ .

w, %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\rho$ , г/мл	1,0033	1,0085	1,0190	1,0296	1,0403	1,0511	1,0620	1,0730	1,0842

Встановіть масові проценти натрію хлориду в розчинах, якщо з використанням ареометру було експериментально знайдено наступні значення густини: 1,053 г/мл та 1,079 г/мл.

*Відповідь: 7,55 % та 11,07 %.*



## Додаток А. Густина розчинів

Таблиця А.1

### Зв'язок густини та концентрації розчинів хлоридної кислоти HCl за 20 °С \*

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1,0032	1	10,03	0,2751	1,1032	21	231,7	6,3550
1,0082	2	20,16	0,5529	1,1083	22	243,8	6,6870
1,0132	3	30,40	0,8338	1,1135	23	256,1	7,0240
1,0181	4	40,72	1,1170	1,1187	24	268,5	7,3650
1,0230	5	51,15	1,4030	1,1239	25	281,0	7,7070
1,0279	6	61,67	1,6910	1,1290	26	293,5	8,0500
1,0328	7	72,30	1,9830	1,1341	27	306,2	8,3980
1,0376	8	83,01	2,2770	1,1392	28	319,0	8,7490
1,0425	9	93,83	2,5730	1,1443	29	331,9	9,1030
1,0474	10	104,7	2,8720	1,1493	30	344,8	9,4570
1,0524	11	115,8	3,1760	1,1543	31	357,8	9,8130
1,0574	12	126,9	3,4800	1,1593	32	371,0	10,1800
1,0625	13	138,1	3,7880	1,1642	33	384,2	10,5400
1,0675	14	149,5	4,1000	1,1691	34	397,5	10,9000
1,0726	15	160,9	4,4130	1,1740	35	410,9	11,2700
1,0776	16	172,4	4,7280	1,1789	36	424,4	11,6400
1,0827	17	184,1	5,0490	1,1837	37	438,0	12,0100
1,0878	18	195,8	5,3700	1,1885	38	451,6	12,3900
1,0929	19	207,7	5,6970	1,1933	39	465,4	12,7600
1,0980	20	219,6	6,0230	1,1980	40	479,2	13,1400

\* Лазарев А. И. Справочник химика-аналитика / А. И. Лазарев, И. П. Харламов, П. Я. Яковлев, Е. Ф. Яковлева. – М.: Металлургия, 1976. –184 с.

Таблиця А.2

**Зв'язок густини та концентрацій розчинів  
сульфатної кислоти H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> за 20 °С \***

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1,0051	1	10,05	0,103	1,4049	51	716,5	7,306
1,0118	2	20,24	0,206	1,4148	52	735,7	7,501
1,0184	3	30,55	0,312	1,4248	53	755,1	7,699
1,0250	4	41,00	0,418	1,4350	54	774,9	7,901
1,0317	5	51,59	0,526	1,4453	55	794,9	8,105
1,0385	6	62,31	0,635	1,4557	56	815,2	8,312
1,0453	7	73,17	0,746	1,4662	57	835,7	8,521
1,0522	8	84,18	0,858	1,4768	58	856,5	8,733
1,0591	9	95,32	0,972	1,4875	59	877,6	8,948
1,0661	10	106,6	1,087	1,4983	60	899,0	9,166
1,0731	11	118,0	1,203	1,5091	61	920,6	9,386
1,0802	12	129,6	1,321	1,5200	62	942,4	9,609
1,0874	13	141,4	1,442	1,5310	63	964,5	9,834
1,0947	14	153,3	1,563	1,5421	64	986,9	10,060
1,1020	15	165,3	1,685	1,5533	65	1010	10,300
1,1094	16	177,5	1,810	1,5646	66	1033	10,530
1,1168	17	189,9	1,936	1,5760	67	1056	10,770
1,1243	18	202,4	2,063	1,5874	68	1079	11,000
1,1318	19	215,0	2,192	1,5989	69	1103	11,250
1,1394	20	227,9	2,324	1,6105	70	1127	11,490
1,1471	21	240,9	2,456	1,6221	71	1152	11,750
1,1548	22	254,1	2,591	1,6338	72	1176	11,990
1,1626	23	267,4	2,726	1,6456	73	1201	12,250
1,1704	24	280,9	2,864	1,6574	74	1226	12,500
1,1783	25	294,6	3,004	1,6692	75	1252	12,770
1,1862	26	308,4	3,144	1,6810	76	1278	13,030
1,1942	27	322,4	3,287	1,6927	77	1303	13,290
1,2023	28	336,6	3,432	1,7043	78	1329	13,550
1,2104	29	351,0	3,579	1,7158	79	1355	13,820
1,2185	30	365,6	3,728	1,7272	80	1382	14,090
1,2267	31	380,3	3,878	1,7383	81	1408	14,360
1,2349	32	395,2	4,029	1,7491	82	1434	14,620
1,2432	33	410,3	4,183	1,7594	83	1460	14,890
1,2515	34	425,5	4,338	1,7693	84	1486	15,150
1,2599	35	441,0	4,496	1,7786	85	1512	15,420
1,2684	36	456,6	4,656	1,7872	86	1537	15,670
1,2769	37	472,5	4,818	1,7951	87	1562,00	15,930
1,2855	38	488,5	4,981	1,8022	88	1586,00	16,170
1,2941	39	504,7	5,146	1,8087	89	1610,00	16,420
1,3028	40	521,1	5,313	1,8144	90	1633,00	16,650
1,3116	41	537,8	5,483	1,8195	91	1656,00	16,880
1,3205	42	554,6	5,655	1,8240	92	1678,00	17,110

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1	2	3	4	5	6	7	8
1,3294	43	571,6	5,828	1,8279	93	1700,00	17,330
1,3384	44	588,9	6,004	1,8312	94	1721,00	17,550
1,3476	45	606,4	6,183	1,8337	95	1742,00	17,760
1,3569	46	624,2	6,364	1,8355	96	1762,00	17,970
1,3663	47	642,2	6,548	1,8364	97	1781,00	18,160
1,3758	48	660,4	6,734	1,8361	98	1799,00	18,340
1,3854	49	678,8	6,921	1,8342	99	1816,00	18,520
1,3951	50	697,6	7,113	1,8305	100	1831,00	18,670

\* Лазарев А. И. Справочник химика-аналитика / А. И. Лазарев, И. П. Харламов, П. Я. Яковлев, Е. Ф. Яковлева. – М.: Металлургия, 1976. – 184 с.

**Зв'язок густини та концентрації  
розчинів нітратної кислоти HNO<sub>3</sub> за 20 °С \***

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1	2	3	4	5	6	7	8
1,0036	1	10,04	0,1593	1,316	51	671,2	10,65
1,0091	2	20,18	0,3203	1,3219	52	687,4	10,91
1,0146	3	30,44	0,4831	1,3278	53	703,7	11,17
1,0201	4	40,8	0,6475	1,3336	54	720,1	11,43
1,0256	5	51,28	0,8138	1,3393	55	736,6	11,69
1,0312	6	61,87	0,9819	1,3449	56	753,1	11,95
1,0369	7	72,58	1,152	1,3505	57	769,8	12,22
1,0427	8	83,42	1,324	1,3560	58	786,5	12,48
1,0480	9	94,37	1,498	1,3614	59	803,2	12,75
1,0543	10	105,4	1,673	1,3667	60	820	13,01
1,0602	11	116,6	1,850	1,3719	61	836,9	13,28
1,0661	12	127,9	2,03	1,3769	62	853,7	13,55
1,0721	13	139,4	2,212	1,3818	63	870,5	13,81
1,0781	14	150,9	2,395	1,3866	64	887,4	14,08
1,0842	15	162,6	2,58	1,3913	65	904,3	14,35
1,0903	16	174,4	2,768	1,3959	66	921,3	14,62
1,0964	17	186,4	2,958	1,4004	67	938,3	14,89
1,1026	18	198,5	3,150	1,4048	68	955,3	15,16
1,1088	19	210,7	3,343	1,4091	69	972,3	15,43
1,1150	20	223	3,539	1,4134	70	989,4	15,70
1,1213	21	235,5	3,737	1,4176	71	1006	15,96
1,1276	22	248,1	3,937	1,4218	72	1024	16,25
1,1340	23	260,8	4,139	1,4258	73	1041	16,52
1,1404	24	273,7	4,344	1,4298	74	1058	16,79
1,1469	25	286,7	4,550	1,4337	75	1075	17,06
1,1534	26	299,9	4,758	1,4375	76	1093	17,35
1,1600	27	313,2	4,970	1,4413	77	1110	17,62
1,1666	28	326,6	5,183	1,4450	78	1127	17,89
1,1733	29	340,3	5,401	1,4486	79	1144	18,16
1,1800	30	354	5,618	1,4521	80	1162	18,44
1,1867	31	367,9	5,839	1,4555	81	1179	18,71
1,1934	32	381,9	6,061	1,4589	82	1196	18,98
1,2002	33	396,1	6,286	1,4622	83	1214	19,27
1,2071	34	410,4	6,513	1,4655	84	1231	19,54
1,2140	35	424,9	6,743	1,4686	85	1248	19,81
1,2205	36	439,4	6,973	1,4716	86	1266	20,09
1,2270	37	454	7,205	1,4745	87	1283	29,36
1,2335	38	468,7	7,438	1,4773	88	1300	20,63
1,2399	39	483,6	7,675	1,4800	89	1317	20,9
1,2463	40	498,5	7,911	1,4826	90	1334	21,17
1,2527	41	513,6	8,151	1,4850	91	1351	21,44
1,2591	42	528,8	8,392	1,4873	92	1368	21,71

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1,2655	43	544,2	8,635	1,4892	93	1385	21,98
1,2719	44	559,6	8,881	1,4912	94	1402	22,24
1,2783	45	575,2	9,128	1,4932	95	1419	22,52
1,2847	46	591	9,379	1,4952	96	1435	22,77
1,2911	47	606,8	9,63	1,4974	97	1452	23,04
1,2975	48	622,8	9,884	1,5008	98	1471	23,34
1,3040	49	639	10,14	1,5056	99	1491	23,66
1,3100	50	655	10,39	1,5129	100	1513	24,01

\* Лазарев А. И. Справочник химика-аналитика / А. И. Лазарев, И. П. Харламов, П. Я. Яковлев, Е. Ф. Яковлева. – М.: Металлургия, 1976. – 184 с.

Таблиця А.4

**Зв'язок густини та концентрації розчинів  
ортофосфатної кислоти  $H_3PO_4$  за 20 °С \***

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1,0038	1	10,038	0,1024	1,1462	25	286,55	2,924
1,0092	2	20,184	0,2060	1,1529	26	299,75	3,059
1,0146	3	30,438	0,3106	1,1597	27	313,12	3,195
1,0200	4	40,800	0,4163	1,1665	28	326,62	3,333
1,0255	5	51,275	0,5232	1,1735	29	340,32	3,473
1,0309	6	61,854	0,6312	1,1805	30	354,15	3,614
1,0365	7	72,555	0,7404	1,216	35	425,60	4,343
1,0420	8	83,360	0,8507	1,254	40	501,60	5,119
1,0476	9	92,284	0,9621	1,293	45	581,90	5,938
1,0532	10	105,320	1,0750	1,335	50	667,50	6,811
1,0590	11	116,490	1,1890	1,379	55	758,50	7,740
1,0647	12	127,760	1,3040	1,426	60	855,60	8,731
1,0705	13	139,170	1,4200	1,476	65	959,40	9,790
1,0764	14	150,700	1,5380	1,526	70	1068,00	10,900
1,0824	15	162,360	1,6570	1,579	75	1184,00	12,080
1,0884	16	174,140	1,7770	1,633	80	1306,00	13,330
1,0946	17	186,080	1,8990	1,689	85	1436,00	14,650
1,1008	18	198,140	2,0220	1,746	90	1571,00	16,030
1,1071	19	210,350	2,1470	1,770	92	1628,00	16,610
1,1134	20	222,680	2,2720	1,794	94	1686,00	17,200
1,1199	21	235,180	2,4000	1,819	96	1746,00	17,820
1,1263	22	247,790	2,5290	1,844	98	1807,00	18,440
1,1329	23	260,570	2,6590	1,870	100	1870,00	19,080
1,1395	24	273,48	2,791				

\* Лазарев А. И. Справочник химика-аналитика / А. И. Лазарев, И. П. Харламов, П. Я. Яковлев, Е. Ф. Яковлева. – М.: Металлургия, 1976. – 184 с.

Таблиця А.5

**Зв'язок густини та концентрації розчинів натрію хлориду  $NaCl$  за 20 °С \***

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1,005	1	10,05	0,1720	1,101	14	154,1	2,636
1,012	2	20,25	0,3464	1,116	16	178,5	3,055
1,027	4	41,07	0,7026	1,132	18	203,7	3,485
1,041	6	62,47	1,069	1,148	20	229,5	3,927
1,056	8	84,47	1,445	1,164	22	256,0	4,380
1,071	10	107,1	1,831	1,180	24	283,2	4,846
1,086	12	130,2	2,228	1,197	26	311,2	5,325

\* Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

Таблиця А.6

**Зв'язок густини та концентрації розчинів  
натрію карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  за  $20\text{ }^\circ\text{C}$  \***

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1,000	0,19	1,91	0,018	1,100	9,75	107,3	1,012
1,005	0,67	6,70	0,0635	1,110	10,68	118,5	1,118
1,010	1,14	11,6	0,109	1,120	11,60	130,0	1,226
1,020	2,10	21,4	0,202	1,130	12,52	141,5	1,335
1,030	3,05	31,4	0,296	1,140	13,45	153,3	1,446
1,040	4,03	41,9	0,395	1,150	14,35	165,1	1,557
1,050	4,98	52,3	0,493	1,160	15,20	176,3	1,663
1,060	5,95	63,6	0,595	1,170	16,03	187,5	1,769
1,070	6,90	73,8	0,696	1,180	16,87	199,1	1,878
1,080	7,85	84,8	0,800	1,190	17,70	210,6	1,987
1,090	8,80	95,9	0,905				

\* Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

Таблиця А.7

**Зв'язок густини та концентрації розчинів  
калію карбонату  $\text{K}_2\text{CO}_3$  за  $20\text{ }^\circ\text{C}$  \***

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1,007	1	10,07	0,0729	1,169	18	210,4	1,5228
1,016	2	20,32	0,1471	1,190	20	237,9	1,7219
1,034	4	41,38	0,2994	1,232	24	295,6	2,1395
1,053	6	63,17	0,4571	1,276	28	357,1	2,5844
1,071	8	85,72	0,6203	1,355	35	474,1	3,4311
1,090	10	109,0	0,7890	1,414	40	565,6	4,0929
1,110	12	133,1	0,9635	1,476	45	664,1	4,8058
1,129	14	158,0	1,1438	1,540	50	770,2	5,5731
1,149	16	183,8	1,3302	1,567	53	830,6	6,0106

\* Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

Таблиця А.8

Зв'язок густини та концентрації розчинів калію нітрату  $\text{KNO}_3$  за  $20^\circ\text{C}$  \*

Густина, г/мл	%	г/л	моль/л	Густина, г/мл	%	г/л	моль/л
1,004	1	10,04	0,0994	1,090	14	152,5	1,509
1,011	2	21,21	0,1999	1,103	16	176,6	1,747
1,023	4	40,93	0,4049	1,118	18	201,2	1,990
1,036	6	62,17	0,6150	1,133	20	226,5	2,240
1,049	8	83,95	0,8301	1,147	22	252,4	2,496
1,063	10	106,2	1,051	1,162	24	278,9	2,759
1,076	12	129,1	1,277				

\* Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

Таблиця А.9

Густина водних розчинів деяких сульфатів за  $20^\circ\text{C}$  \*

Масова частка, %	$\text{CuSO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{MgSO}_4$	$\text{MnSO}_4$	$\text{ZnSO}_4$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$
0,5	1,0033	1,0012	1,0033	—	1,0034	1,0027
1,0	1,0085	1,0042	1,0084	1,0080	1,0085	1,0071
2,0	1,0190	1,0101	1,0186	1,0178	1,0190	1,0161
3,0	1,0296	1,0160	1,0289	1,0277	1,0296	1,0252
4,0	1,0403	1,0220	1,0392	1,0378	1,0403	1,0343
5,0	1,0511	1,0279	1,0497	1,0480	1,0511	1,0436
6,0	1,0620	1,0338	1,0602	1,0583	1,0620	1,0526
7,0	1,0730	1,0397	1,0708	1,0688	1,0730	1,0619
8,0	1,0842	1,0456	1,0816	1,0794	1,0842	1,0713
9,0	1,0955	1,0515	1,0924	1,0902	1,0956	1,0808
10,0	1,1070	1,0574	1,1034	1,1012	1,1071	1,0905
12,0	1,1304	1,0691	1,1257	1,1236	1,1308	1,1101
14,0	1,1545	1,0808	1,1484	1,1467	1,1553	1,1301
16,0	1,1796	1,0924	1,1717	1,1705	1,1806	1,1503
18,0	1,2059	1,1039	1,1955	1,1950		1,1705
20,0		1,1154	1,2198	1,2203		1,1907
22,0		1,1269	1,2447			1,2106
24,0		1,1383	1,2701			
26,0		1,1496	1,2961			
28,0		1,1609				
30,0		1,1721				
32,0		1,1833				
34,0		1,1945				
36,0		1,2056				
38,0		1,2166				
40,0		1,2277				

\* Волков А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Мн.: Современная школа, 2005. – 608 с.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахметов Н. С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии / Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгина. – М.: Высш. шк., 2003. – 367 с.
2. Гольбрайх З. Е. Сборник задач и упражнений по химии / З. Е. Гольбрайх. – М.: Высш. шк., 1968. – 240 с.
3. Ерыгин Д. П. Методика решения задач по химии / Д. П. Ерыгин, Е. А. Шишкин. – М.: Просвещение, 1989. – 176 с.
4. Зайцев О. С. Исследовательский практикум по общей химии / О. С. Зайцев. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 480 с.
5. Коровин Н. В. Лабораторные работы по химии / Н. В. Коровин, Э. И. Мингулина, Н. Г. Рыжова. – М.: Высш. шк., 1998. – 256 с.
6. Кузьменко Н. Е. Химия. 2 400 задач для школьников и поступающих в вузы / Н. Е. Кузьменко, В. В. Еремин. – М.: Дрофа, 1999. – 560 с.
7. Лабий Ю. М. Решение задач по химии с помощью уравнений и неравенств / Ю. М. Лабий. – М.: Просвещение, 1987. – 80 с.
8. Неділько С. А. Загальна і неорганічна хімія: задачі та вправи / С. А. Неділько, П. П. Попель. – К.: Либідь, 2001. – 400 с.
9. Пузаков С. А. Пособие по химии для поступающих в вузы. Вопросы, упражнения, задачи. Образцы экзаменационных билетов / С. А. Пузаков, В. А. Попков. – М.: Высш. шк., 2006. – 623 с.
10. Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
11. Романцева Л. М. Сборник задач и упражнений по общей химии / Л. М. Романцева, З. Л. Лещинская, В. А. Суханова. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
12. Свиридов В. В. Задачи, вопросы и упражнения по общей и неорганической химии / В. В. Свиридов, Г. А. Попкович, Г. И. Васильева. – Минск: Университетское, 1991. – 350 с.
13. Хомченко Г. П. Пособие по химии для поступающих в вузы / Г. П. Хомченко. – М.: Новая Волна, 2006. – 480 с.
14. Хомченко Г. П. Сборник задач по химии для поступающих в вузы / Г. П. Хомченко, И. Г. Хомченко. – М.: Новая Волна, 2002. – 278 с.



## ЗМІСТ

<b>1. ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ»</b> .....	4
<b>2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ</b> .....	24
Лабораторна робота № 1.....	24
Приготування розчинів із заданою масовою часткою розчиненої речовини.....	24
Лабораторна робота № 2.....	32
Приготування розчинів заданої молярної, нормальної та моляльної концентрацій.....	32
Лабораторна робота № 3.....	37
Визначення розчинності калію дихромату.....	37
<b>3. ПРИКЛАДИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ</b> .....	39
<b>4. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ</b> .....	45
Додаток А. Густина розчинів.....	65
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	73

Навчальне видання

**Розанцев** Георгій Михайлович

**Радіо** Сергій Вікторович

**Пойманова** Олена Юріївна

**Гумерова** Надія Ісмагілівна

# **КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ**

Редактор  
Технічний редактор

А. О. Цяпало  
О. К. Гомон

Підписано до друку 11.03.2016  
Формат 60 x 84/16. Папір офсетний.  
Друк – цифровий. Умовн. друк. арк. 4,42  
Тираж 100 прим. Зам. № 1

Донецький національний університет  
21021, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК № 1854 від 24.06.2004 р.