

Житомирський державний університет  
імені Івана Франка  
Природничий факультет  
Кафедра хімії

**РОБОЧИЙ ЗОШИТ ДЛЯ ЗАНЯТЬ**

з обов'язкової освітньої компоненти

**«ХІМІЯ»**

для підготовки здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Галузь знань	<i>Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина</i>
Спеціальність	<i>Н2 Тваринництво</i>
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	<i>Виробництво і переробка продукції тваринництва</i>
Факультет	<i>Природничий</i>

Автор:  
доктор філософії галузі знань Хімічна та біоінженерія, доцент **Кучерук Сніжана**

Розглянуто та схвалено  
на засіданні кафедри хімії  
Протокол від «04» червня 2026 р. № 27  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Олена АНІЧКІНА

**Житомир 2026**

УДК 547 (076.5)

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного  
університету імені Івана Франка  
(протокол № 12 від «26» червня 2026р.)*

**Рецензенти:**

**Дорохов Віктор** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства Поліського національного університету.

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

**Кичкирук Ольга** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

**Кучерук С.В.** Робочий зошит для занять із обов'язкової освітньої компоненти «Хімія»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2026. 62 с.

© Кучерук С. В., 2026  
© Житомирський державний університет імені  
Івана Франка, 2026

## ЗМІСТ:

<b>ВСТУП</b>		<b>4</b>
Лабораторне заняття № 1	Тема: Основні поняття та закони хімії	<b>7</b>
Лабораторне заняття № 2	Тема: Будова атома	<b>10</b>
Лабораторне заняття № 3	Тема: Періодичний закон та періодична система елементів	<b>14</b>
Лабораторне заняття № 4	Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул	<b>18</b>
Лабораторне заняття № 5	Тема: Хімічні реакції та їх закономірності	<b>22</b>
Лабораторне заняття № 6	Тема: Розчини	<b>26</b>
Лабораторне заняття № 7	Тема: Окисно-відновні процеси	<b>30</b>
Лабораторне заняття № 8	Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук	<b>34</b>
Лабораторне заняття № 9	Тема: Хімічні елементи-метали	<b>38</b>
Лабораторне заняття № 10	Тема: Хімічні елементи-неметали	<b>41</b>
Лабораторне заняття № 11	Тема: Вуглеводні	<b>45</b>
Лабораторне заняття № 12	Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.	<b>49</b>
Лабораторне заняття № 13	Тема: Вуглеводи	<b>53</b>
Лабораторне заняття № 14	Тема: Амінокислоти. Білки	<b>57</b>
Лабораторне заняття № 15	Тема: Підсумкова модульна контрольна робота	<b>61</b>

## **ВСТУП**

Лабораторний практикум є невід'ємною частиною обов'язкового освітнього компонента «Хімія». Його головна мета – поглиблення теоретичних знань, здобутих під час лекційних занять, а також формування практичних навичок експериментальної роботи, клініко-технологічного мислення, вміння аналізувати, узагальнювати та робити науково обґрунтовані висновки щодо властивостей і поведінки хімічних речовин у процесах життєдіяльності тварин, оцінки якості кормів та переробки тваринницької продукції.

Навчальний матеріал практикуму структуровано за логічною послідовністю тем, що забезпечує цілісність курсу хімії та його узгодженість з іншими фаховими дисциплінами біологічного та зоотехнічного профілю.

Програма передбачає виконання лабораторних занять, які охоплюють ключові розділи загальної, біоорганічної та аналітичної хімії в контексті сучасного тваринництва. Практикум розпочинається з вивчення класифікації, номенклатури та електронної будови органічних сполук, що дозволяє сформувати фундаментальні знання про молекулярну основу біологічних систем. Наступні заняття присвячено основним класам вуглеводнів, які є основою для розуміння будови ліпідів, компонентів ветеринарних препаратів та дезінфікуючих засобів. Особливу увагу приділено вивченню функціональних початків кисневмісних та нітрогеновмісних сполук (спиртів, фенолів, карбонових кислот, амінів та естерів). Ці теми є ключовими для розуміння біохімічних метаболічних шляхів в організмі тварин, процесів консервації та силосування кормів, а також хімізму формування якості тваринницької сировини.

Значна частина практикуму зосереджена на закономірностях хімічних трансформацій біополімерів — вуглеводів, ліпідів та білків. Головний акцент зміщено на вивчення хімічних властивостей поживних речовин, аналіз процесів деградації та стабілізації біологічних макромолекул під дією чинників зовнішнього середовища (вологи, температури, рН), а також на питання екологічного моніторингу, нейтралізації токсикантів, солей важких металів та безпечної утилізації відходів тваринницьких комплексів і переробних підприємств.

Після опрацювання матеріалу здобувачі виконують підсумкову контрольну роботу. Вона дозволяє перевірити й систематизувати знання через розв'язання професійно-орієнтованих технологічних кейсів, формує вміння аргументовано викладати власну точку зору, самостійно знаходити й виправляти помилки під час хімічного аналізу сировини та продукції.

Робочий зошит укладено відповідно до навчальної програми дисципліни. Він містить:

- мету і завдання кожної лабораторної роботи;
- перелік лабораторного обладнання, посуду та хімічних реактивів;
- чіткий і безпечний порядок виконання експерименту;
- контрольні запитання для перевірки засвоєння матеріалу;

- лабораторні таблиці, місце для запису результатів спостережень, хімічних рівнянь, розрахунків констант і виходу продуктів, а також формулювання висновків.

Такий підхід сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти стійких практичних навичок, підвищенню рівня їхньої академічної відповідальності, розвитку вмінь якісно вести лабораторну й дослідну документацію, працювати самостійно та в команді.

У процесі виконання лабораторних завдань студенти: оволодівають основами безпечної роботи з хімічними речовинами й біоматеріалом; знайомляться з методами вхідного хімічного контролю якості кормів та тваринницької сировини; вчаться інтерпретувати результати якісного та кількісного аналізу, оцінювати похибки вимірювань і застосовувати математичну обробку експериментальних даних матеріального балансу.

Окрему увагу в робочому зошиті приділено академічній доброчесності: усі експериментальні роботи мають виконуватися самостійно, з дотриманням вимог точності, послідовності та об'єктивності фіксації хімічних ефектів і аналітичних сигналів.

Робочий зошит призначений для безпосереднього використання на лабораторних заняттях, а також для самостійної підготовки здобувачів до занять і поточного контролю знань. Його зміст узгоджено з сучасними вимогами до підготовки фахівців галузі «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина» і сприяє формуванню базових та професійних компетентностей майбутніх спеціалістів із тваринництва.

## **КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ**

Оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти з обов'язкової освітньої компоненти «Хімія» проводиться відповідно до вимог «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою», яке доступне для ознайомлення за посиланням: [https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya\\_zvo.pdf](https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf)

Процес оцінювання навчальних досягнень передбачає поетапний контроль, що охоплює поточне оцінювання, модульний контроль та підсумкову атестацію. Такий підхід забезпечує системну перевірку рівня засвоєння матеріалу, формування практичних навичок та здатності до самостійної роботи.

### **Поточний контроль**

Поточне оцінювання здійснюється на кожному лабораторному занятті та є основним засобом регулярного моніторингу засвоєння знань і сформованості практичних умінь. До компонентів поточного контролю входить:

- підготовка до заняття (відповіді на контрольні запитання, знання теоретичних основ теми);
- якість виконання лабораторної роботи відповідно до інструктивно-методичних матеріалів;
- точність оформлення результатів експерименту;
- правильність розрахунків та логічність висновків;
- активність та самостійність під час виконання завдання.

У структурі дисципліни передбачено дві підсумкові модульні контрольні роботи, які охоплюють теми відповідних модулів. Вони включають як теоретичні, так і практичні завдання: тести, розрахункові задачі, аналіз хімічних процесів, оформлення висновків на основі експериментальних даних.

Модульний контроль дозволяє комплексно оцінити знання здобувача, його аналітичні здібності, рівень сформованості компетентностей. Результати модульного контролю мають вагомий вплив на підсумкову оцінку.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

### Тема: Основні поняття та закони хімії.

#### Мета заняття

Закріпити знання про базові поняття хімії (атом, молекула, моль, молярна маса, хімічний еквівалент); експериментально підтвердити Закон збереження маси речовини; навчитися проводити стехіометричні розрахунки за хімічними рівняннями та освоїти роботу з лабораторними вагами. Навчитися застосовувати закон збереження маси для розрахунку виходу готової продукції (сухої речовини кормів/молока), а також використовувати закон еквівалентів для математичного прогнозування та контролю хімічних процесів при переробці сировини тваринного походження.

#### Контрольні запитання

1. Що вивчає хімія як наука та яке її значення у сучасному світі?
2. Дайте визначення поняттям «атом», «молекула», «хімічний елемент».
3. У чому полягає суть закону збереження маси речовин?
4. Сформулюйте закон сталості складу речовини та наведіть приклад.
5. Який зміст має періодичний закон Дмитро Менделєєв?
6. Що таке відносна атомна та відносна молекулярна маса?
7. Поясніть поняття «кількість речовини» та «моль».
8. Що показує число Амедео Авогадро та яке його значення?
9. У чому полягає закон Авогадро та де його застосовують?
10. Які основні типи хімічних реакцій ви знаєте? Наведіть приклади.

#### Інструктивно-методичні матеріали

Сучасне тваринництво та переробна промисловість спираються на кількісний облік. Будь-який розрахунок раціону для худоби, виходу сиру з молока чи дозування консервантів базується на трьох китах класичної хімії:

**Закон збереження маси речовини (М. Ломоносов, А. Лавуазьє):** *Маса речовин, що вступають у хімічну реакцію, дорівнює масі речовин, що утворюються в результаті неї.* У переробці цей закон є основою **матеріального балансу** (скільки сировини зайшло в цех – стільки ж у вигляді готового продукту та відходів має вийти).

**Закон сталості складу (Ж. Пруст):** *Кожна чиста хімічна сполука молекулярної будови має сталий якісний і кількісний склад, незалежно від способу її отримання.* Наприклад, чиста молочна кислота або кухонна сіль у будь-якій точці світу містять однакову масову частку елементів, що дозволяє стандартизувати аналізи.

**Закон еквівалентів (Дж. Дальтон):** *Речовини взаємодіють між собою у кількостях, пропорційних їхнім хімічним еквівалентам.*

#### Експериментальна частина

**Завдання 1. Експериментальна перевірка закону збереження маси на прикладі реакції осадження.**

**Посуд та реактиви:** Двогорла колба (або пробірка Ландольта), аналітичні чи технохімічні ваги, 10% розчин барій хлориду ( $BaCl_2$ ), 10% розчин натрій сульфату ( $Na_2SO_4$ ).

### **Хід роботи:**

1. В одне коліно пробірки Ландольта налейте 2-3 мл розчину  $\text{BaCl}_2$ , в інше – стільки ж розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , уникаючи їх змішування.

2. Щільно закрийте пробірку пробкою та зважте її на вагах. Запишіть масу системи до реакції ( $m_1$ ).

3. Обережно нахиліть пробірку, змішуючи розчини. Спостерігайте утворення білого осаду.

4. Зважте пробірку знову. Запишіть масу після реакції ( $m_2$ ).

Маса системи до реакції ( $m_1$ ), г: \_\_\_\_\_

Маса системи після реакції ( $m_2$ ), г: \_\_\_\_\_

**Висновок:** Порівняйте  $m_1$  та  $m_2$ . Поясніть, чому поява осаду (ознака хімічної реакції) не змінила загальну масу пробірки. Запишіть рівняння реакції.

### **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів.**

#### **Кейс №1: «Закон збереження маси при заготівлі силосованих кормів»**

**Ситуація:** При закладанні силосу з кукурудзи вологістю 70% відбувається ферментація. За законом збереження маси, втрати сухої речовини (білків, вуглеводів) через «дихання» маси та виділення газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) у нормі не повинні перевищувати 10% від початкової сухої речовини. Зоотехнік заклав у силосну траншею 100 тонн зеленої маси. Після завершення дозрівання вологість силосу становила 72%, а загальна маса отриманого силосу склала 90 тонн.

#### **Завдання:**

1. Обчисліть масу сухої речовини у зеленій масі (до силосування) та в готовому силосі (після).

2. Користуючись законом збереження маси, визначте масу речовин, що перейшли в гази та технологічний сік. Чи вкладаються втрати в норму (<10% від початкової сухої маси)? Зробіть висновок про правильність технології герметизації траншеї.

#### **Кейс №2: «Закон еквівалентів у боротьбі з технологічним браком молока»**

**Ситуація:** На молокопереробне підприємство надійшла партія молока від хворих на мастит корів. У такому молоці різко порушений баланс іонів: вміст вільних іонів Кальцію ( $\text{Ca}^{2+}$ ) знижений, а натрій гідрокарбонату – підвищений. Під час пастеризації таке молоко згортається, утворюючи

пригари на трубках апаратів. Щоб врятувати партію, технолог має штучно відновити баланс, додавши розчин кальцій хлориду ( $\text{CaCl}_2$ ).

#### **Завдання:**

1. Обчисліть молярну масу еквівалента кальцій хлориду ( $\text{CaCl}_2$ ) та натрій гідрокарбонату ( $\text{NaHCO}_3$ ), які беруть участь у реакції обміну.

2. За законом еквівалентів розрахуйте, яку масу хімічно чистого  $\text{CaCl}_2$  необхідно додати до літра маститного молока, якщо аналіз показав надлишок гідрогенкарбонат-аніонів, еквівалентний наявності 0,84 г  $\text{NaHCO}_3$  в одному літрі.

#### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. У тваринництві мікроелементи (Мідь, Цинк, Кобальт) ніколи не вводяться в чистому вигляді, оскільки металічні порошки є токсичними або не засвоюються. Їх згодуюють у вигляді солей – кристалогідратів (наприклад, мідний купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Добова потреба теляти у чистій Міді (Cu) для нормального кровотворення становить 50 мг. Скільки міліграмів кормового мідного купоросу зоотехнік повинен внести в добовий раціон тварини, щоб повністю покрити цю потребу?

2. Для профілактики анемії та покращення якості вовни овець зоотехнічна служба підприємства має збагатити партію комбікорму Цинком. Добова потреба однієї вівцематки в чистому Цинку (Zn) становить 65 мг. У наявності на складі є мінеральна добавка – цинковий купорос ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Користуючись законом сталості складу, обчисліть молярну масу кристалогідрату. Скільки грамів цієї солі знадобиться для приготування добового корму на отару з 400 голів?

3. На молочнотоварній фермі у телят віком до 4 місяців виявлено ознаки гіпокупрозу (дефіциту Міді), що проявляється затримкою росту та «линянням» навколо очей («окуляри»). Ветеринарний лікар призначив випоювання телят розчином мідного купоросу. За нормами, кожне теля має додатково отримувати 15 мг чистої Міді (Cu) на добу протягом тижня. Лаборанту хіміко-технологічної лабораторії доручено приготувати маточний розчин купоросу. Обчисліть, яку масу сухої солі  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  потрібно зважити на аналітичних вагах, щоб приготувати 1 л водного розчину, 10 мл якого міститимуть добову дозу Міді для однієї тварини. Яке хімічне явище відбувається при розчиненні безбарвного або блідо-блакитного порошку купоросу у воді (чому розчин стає яскраво-синім)? Поясніть це з погляду утворення аквакомплексів.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

### Тема: Будова атома.

#### Мета заняття

Закріпити знання про сучасну модель атома, структуру атомних ядер, ізотопи та електронні конфігурації елементів (зокрема біогенних та токсичних важких металів); експериментально освоїти метод якісного аналізу елементного складу за спектрами випромінювання (забарвленням полум'я); навчитися прогнозувати хімічні та біохімічні властивості елементів на основі їхнього положення у Періодичній системі; опанувати принципи радіоекологічного контролю сировини тваринного походження.

#### Контрольні запитання

1. З яких суб'ядерних частинок складається атом? Дайте характеристику протону, нейтрону та електрону (заряд, маса).
2. Що таке ізотопи? Чому відносна атомна маса елементів у Періодичній системі найчастіше є дробовим числом?
3. Поясніть фізичний зміст порядкового номера елемента, номера періоду та номера групи.
4. Які квантові числа описують стан електрона в атомі та який їхній фізичний зміст?
5. Сформулюйте принцип Паулі, правило Хунда та принцип найменшої енергії (Клечковського).
6. Що таке валентні електрони та як за електронною формулою атома визначити його вищу валентність?
7. Як змінюються радіуси атомів, енергія іонізації та електронегативність елементів у періодах і групах?
8. Що таке радіоактивність? Назвіть основні види радіоактивного випромінювання ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -) та їхню проникну здатність.
9. Які радіонукліди становлять найбільшу небезпеку для тваринництва і чому вони накопичуються в кістках та м'язах?
10. На чому базується метод емісійного спектрального аналізу (визначення елементів за забарвленням полум'я)?

#### Інструктивно-методичні матеріали

Організм тварин, молоко та корми є складними фізико-хімічними системами, властивості яких повністю зумовлені будовою атомів елементів, що до них входять. Усі процеси в переробній промисловості та ветеринарії підпорядковані законам мікросвіту:

Конфігурація електронних оболонок визначає, чому одні елементи є життєво необхідними (Fe, Cu, Zn – елементи з незавершеним d-підрівнем, здатні утворювати міцні комплекси з білками молока та ферментами), а інші – токсикантами (Cd, Pb, Hg), що блокують активні центри ензимів через схожість електронної будови, але більший радіус атома.

Явище ізоопії є основою радіоекології. Радіонукліди-аналоги стабільних елементів легко обманюють біологічні бар'єри: наприклад,  $^{90}\text{Sr}$ , маючи аналогічну до Кальцію будову зовнішнього електронного шару ( $ns^2$ ),

заміщує його в кістковій тканині худоби та потрапляє в молоко.  $^{137}\text{Cs}$  є електронним аналогом Калію, тому інтенсивно накопичується в м'язах (м'ясопродуктах).

**Емісія фотонів:** При нагріванні атомів металів їхні зовнішні електрони переходять на вищі енергетичні рівні (збуджений стан). Повертаючись у основний стан, вони випромінюють кванти світла строго визначеної довжини хвилі. Це дозволяє миттєво ідентифікувати наявність Кальцію, Натрію або Калію в біологічних об'єктах навіть без складних реактивів.

### Експериментальна частина

**Завдання 1. Якісне визначення біогенних елементів у сировині за спектрами випромінювання (тест на забарвлення полум'я).**

**Посуд та реактиви:** Спиртівка (або газовий пальник), ніхромову петлю (закріплена в тримачі), хлоридна кислота (HCl) для очищення петлі, сухі солі або концентровані розчини: натрій хлорид (NaCl), калій хлорид (KCl), кальцій хлорид (CaCl<sub>2</sub>), барій хлорид (BaCl<sub>2</sub>), купрум(II) сульфат (CuSO<sub>4</sub>).

### Хід роботи:

1. Прожарте ніхромову петлю у полум'ї пальника. Якщо полум'я забарвлюється, занурте петлю в стаканчик з HCl і знову прожарте, поки полум'я не стане безбарвним.

2. Занурте очищену петлю у досліджуваний розчин (або доторкніться до мікрокристалів солі) і внесіть у верхню (найгарячішу) зону полум'я пальника.

3. Зафіксуйте візуальне забарвлення полум'я для кожного катіона. Очищуйте петлю кислотою після кожного дослідження.

4. Заповніть таблицю:

Катіон елемента	Електронна конфігурація зовнішнього шару	Спостережуване забарвлення полум'я	Біологічна роль елемента
Na <sup>+</sup>			
K <sup>+</sup>			
Ca <sup>2+</sup>			
Ba <sup>2+</sup>			
Cu <sup>2+</sup>			

**Висновок:** Поясніть фізичну природу виникнення забарвлення полум'я з погляду квантових переходів електронів. Чому цей метод є специфічним (індивідуальним) для кожного елемента?

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

### **Кейс №1: «Радіоекологічний контроль та закон ізотопного заміщення в молочному скотарстві»**

**Ситуація:** Внаслідок техногенної аварії відбувся викид радіоактивних ізотопів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ . Пасовища фермерського господарства зазнали поверхневого забруднення. Головний технолог і ветеринарний лікар знають, що ці радіонукліди є "хімічними мімами" (ізотопними носіями/аналогами) важливих макроелементів, які визначають якість молока. Щоб знизити вихід радіоактивно забрудненої продукції, було прийнято рішення про заміну раціону та введення специфічних сорбентів та мінеральних підкормок.

#### **Завдання:**

1. Напишіть повні електронні конфігурації для стабільних атомів К та Са. Зіставте їх із положенням  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у Періодичній системі. Поясніть, чому саме ці пари елементів конкурують у метаболізмі корови.

2. Обчисліть склад атомних ядер (кількість протонів та нейтронів) для небезпечних ізотопів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ .

3. Обґрунтуйте з хімічного погляду, чому підвищення норми згодовування тваринам звичайного кальцій карбонату або кальцій фосфату блокує потрапляння Стронцію-90 у коров'яче молоко.

### **Кейс №2: «Електронна будова d-елементів як ключ до технологічних вад сировини»**

**Ситуація:** На переробний завод надійшло молоко з високим вмістом  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$  через використання застарілих луджених і залізних ємностей на фермі. Під час зберігання такого молока на світлі з'явився виражений "окислений", "салистий" присмак, спричинений швидким псуванням молочного жиру. Технолог лабораторії стверджує, що причина в електронній будові катіонів цих металів, які діють як потужні каталізатори автоокиснення.

#### **Завдання:**

1. Напишіть електронні формули атомів Cu (із врахуванням "провалу" електрона) та Fe у звичайному стані.

2. Складіть електронні конфігурації для іонів  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$ . Вкажіть кількість неспарених електронів на d-підрівнях цих іонів.

3. Поясніть, чому саме елементи з незавершеним d-підрівнем мають змінний ступінь окиснення і здатні легко координувати навколо себе органічні молекули (ліпіди, білки молока), провокуючи їх радикальне руйнування.

### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Радіоактивний розпад у технологічних розрахунках. Період напіврозпаду  $^{137}\text{Cs}$  становить приблизно 30 років. У силосі, заготовленому з території поблизу зони відчуження, початкова активність  $^{137}\text{Cs}$  становила 1200 Бк/кг (при нормі для кормів не більше 100 Бк/кг). Обчисліть, яка частка (у %) початкової кількості радіоактивних атомів  $^{137}\text{Cs}$  залишиться в цьому

кормі через 15 років. Чи можна використовувати такий силос для годівлі дійного стада без ризику отримати брудне молоко?

2. Токсикологія важких металів на фермах. У стічних водах тваринницьких комплексів часто фіксують надлишок Цинку та Кадмію. Кадмій є небезпечним кумулятивним токсикантом, який витісняє Цинк з металоферментів, що призводить до паракератозу та падіння продуктивності тварин. Користуючись положенням цих елементів у Періодичній системі та концепцією будови їхніх електронних оболонок, поясніть біологічну подібність цих металів і причину, чому організм ссавців "плутає" корисний Цинк із токсичним Кадмієм.

3. Колоїдна стабільність молока та заряд іонів. При аналізі молока на сиропридатність важливе значення має радіус та заряд катіонів, які додаються для коагуляції казеїну. Складіть електронні формули іонів Натрію, Магнію та Алюмінію. Вони є ізоелектронними (мають однакову кількість електронів). Оцініть, як змінюється радіус цих іонів із підвищенням заряду ядра. Спираючись на закон Кулона, зпрогнозуйте, який із цих іонів матиме найбільшу коагуляційну здатність (силу зв'язування білкових міцел молока) при виробництві сиру. Поясніть чому.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

### Тема: Періодичний закон та періодична система елементів

#### Мета заняття

Закріпити й поглибити знання про Періодичний закон та структуру Періодичної системи; навчитися встановлювати взаємозв'язок між положенням елемента в таблиці, його електронною будовою та хімічними властивостями. Експериментально дослідити закономірності зміни властивостей елементів та їхніх сполук у періодах і групах; навчитися використовувати періодичні закономірності для прогнозування поведінки макро- та мікроелементів у біологічних системах і технологічних процесах переробки сировини.

#### Контрольні запитання

1. Сформулюйте Періодичний закон у класичній та сучасній інтерпретації. Що є головною характеристикою елемента?
2. Яка структура Періодичної системи? Дайте визначення поняттям «період», «група», «підгрупа» з погляду теорії будови атома.
3. Чому s-, p-, d- та f-елементи займають чітко визначені блоки в Періодичній системі?
4. Як і чому змінюється радіус атомів елементів у періодах та головних групах?
5. Що таке енергія іонізації та спорідненість до електрона? Як ці величини корелюють із металічними властивостями?
6. Дайте визначення електронегативності (ЕН). Як змінюється ЕН елементів у періодичній системі?
7. Як змінюється характер оксидів та гідроксидів елементів (на прикладі 3-го періоду) зі збільшенням заряду ядра?
8. Поясніть концепцію «діагональної подібності» на прикладі Берилію та Алюмінію. Яке це має значення для біосистем?
9. Які елементи Періодичної системи відносять до «елементів життя» (біогенних макро- та мікроелементів)?
10. Яким чином Періодичний закон дозволяє прогнозувати токсичність важких металів та їхніх сполук?

#### Інструктивно-методичні матеріали

Періодичний закон – це не просто класифікація хімічних елементів, а фундаментальний інструмент для технолога та фахівця з контролю якості. Будь-яка періодична зміна властивостей атомів (радіус, електронегативність, ступінь окиснення) безпосередньо впливає на практику тваринництва та переробки.

Зміна металічних та неметалічних властивостей. У періодах зліва направо металічні властивості послаблюються, а неметалічні посилюються. Це визначає, чому елементи початку періодів (наприклад, Na, Mg) існують у біологічних середовищах у вигляді рухливих катіонів, а елементи кінця періодів (P, S, Cl) – у вигляді стійких аніонів ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), які формують буферні системи молока та крові.

Кислотно-основна еволюція сполук. Знання того, як змінюються властивості гідроксидів елементів у групах (зверху вниз посилюються основні властивості), дозволяє технологу правильно підбирати реагенти. Наприклад, для нейтралізації кислих стоків або дезінфекції сировини використовують луги елементів I головної групи (NaOH, KOH), тоді як для коригування мінерального складу кормів – менш розчинні й м'якші за дією оксиди та гідроксиди елементів II групи ( $MgO$ ,  $Ca(OH)_2$ ).

Прогноз біологічної активності. Елементи однієї групи мають подібні властивості, що визначає їхню фізіологічну взаємодію. Проте зі збільшенням радіуса атома у групі зверху вниз часто зростає токсичність елементів через їхню схильність утворювати міцніші зв'язки з сульфурвмісними білками (тіловими групами ферментів).

### **Експериментальна частина**

**Завдання 1. Порівняння хімічної активності елементів II головної групи (лужноземельних металів) та характеру їхніх гідроксидів.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, хімічні стакани, розчини солей: магній хлорид ( $MgCl_2$ ), кальцій хлорид ( $CaCl_2$ ), барій хлорид ( $BaCl_2$ ); 10% розчин натрій гідроксиду (NaOH), 10% розчин сульфатної кислоти ( $H_2SO_4$ ), дистильована вода, індикатор фенолфталеїн, металевий магній (стружка).

### **Хід роботи:**

1. **Дослідження інтенсивності взаємодії з водою:** У дві пробірки налийте по 3–4 мл дистильованої води та додайте по 1-2 краплі фенолфталеїну. У першу пробірку внесіть кілька ошурок металевого магнію, у другу – шматочок кальцію. Помістіть пробірку з магнієм у теплу водяну баню. Спостерігайте появу забарвлення. Де реакція йде інтенсивніше? Напишіть відповідні рівняння реакції.

2. **Отримання та порівняння розчинності гідроксидів:** У три пробірки налийте по 2 мл розчинів солей: у першу –  $MgCl_2$ , у другу –  $CaCl_2$ , у третю –  $BaCl_2$ . У кожен пробірку додайте по 1 мл розчину NaOH. Зафіксуйте об'єм та характер утворених осадів гідроксидів  $Mg(OH)_2$ ,  $Ca(OH)_2$  та  $Ba(OH)_2$ . Напишіть відповідні рівняння реакції.

**Висновок:** Сформулюйте закономірність, як змінюється металічна активність елементів та розчинність їхніх гідроксидів у головній підгрупі II групи зі збільшенням заряду ядра. Поясніть це через зміну радіуса атома.

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

### **Кейс №1: «Закон періодичності у ветеринарній токсикології та безпеці кормів»**

**Ситуація:** При проведенні планового моніторингу якості комбікормів для птиці у приміських господарствах було виявлено хронічне отруєння поголів'я. Симптоми вказували на глибоке порушення фосфорно-кальцієвого обміну та ураження нервової системи. Хімічний аналіз виявив у кормових дріжджах значний надлишок Миш'яку (As), який потрапив туди через використання забрудненої технологічної води. Ветеринарний біохімік зазначив, що токсичність Миш'яку базується на його положенні в Періодичній системі відносно життєво необхідного Фосфору (P).

#### **Завдання:**

1. Знайдіть у Періодичній системі P та As. Запишіть електронні конфігурації їхніх зовнішніх енергетичних рівнів. Поясніть причину їхньої хімічної схожості.

2. Користуючись концепцією періодичності, обґрунтуйте, чому клітини організму птиці «помилково» вбудовують арсенат-іони ( $\text{AsO}_4^{3-}$ ) замість життєво важливих фосфат-іонів ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) у молекули АТФ, блокуючи тим самим клітинне дихання.

3. Як змінюється радіус атома та електронегативність при переході від Фосфору до Арсену? Як це впливає на стабільність сполук, що утворюються в організмі?

### **Кейс №2: «Контроль технологічних процесів: Періодична система на службі мийної хімії молокозаводів»**

**Ситуація:** На молокопереробному підприємстві для санітарної обробки теплообмінного обладнання (пастеризаторів) від молочного каменю (переважно кальцієві солі) традиційно використовують розчини нітратної кислоти ( $\text{HNO}_3$ ). Проте відділ постачання помилково закупив партію ортофосфатної кислоти ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Технолог цеху категорично заборонив використовувати ортофосфатну кислоту, аргументуючи це тим, що елементи-неметали V головної групи утворюють кислоти з принципово різною розчинністю їхніх кальцієвих солей, і така заміна призведе до остаточного блокування труб.

#### **Завдання:**

1. Порівняйте положення Нітрогену та Фосфору у Періодичній системі. Напишіть формули вищих оксидів та відповідних їм гідратів (кислот).

2. Запишіть рівняння реакції взаємодії кальцій карбонату ( $\text{CaCO}_3$ , компоненту молочного каменю) з нітратною та ортофосфатною кислотами.

3. Спираючись на закономірності періодичної системи та таблицю розчинності, поясніть, чому солі нітратної кислоти є абсолютно розчинними, а солі фосфатної кислоти утворюють щільний осад. Зробіть технологічний висновок про правоту технолога.

## Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

1. Антропогенне забруднення біосфери важкими металами. У птахівництві критичною проблемою є забруднення продукції Плюмбумом (Pb). За хімічними властивостями та радіусом іона Плюмбум є аналогом Кальцію (Ca) у кістковій системі, але у м'яких тканинах він поводить себе як хімічний аналог Стануму (Sn). Користуючись Періодичною системою, визначте, до якого електронного сімейства (s-, p-, d-, f-) належить Свинець. Запишіть його валентну електронну формулу для ступенів окиснення +2 та +4. Прогнозуйте, який ступінь окиснення буде більш стабільним, враховуючи тренди у IV головній групі (зверху вниз).

2. Захисні функції мікроелементів та періодичний закон. Селен (Se) є есенціальним (життєво необхідним) мікроелементом для жуйних тварин, він входить до складу антиоксидантного ферменту глутатіонпероксидази. Проте при його надлишку в кормах розвивається токсикоз ("лужна хвороба"), оскільки Селен починає заміщувати Сульфур (S) в амінокислотах (метіоніні та цистеїні), руйнуючи структуру білків шерсті та копит. Порівняйте положення S та Se у Періодичній системі. Поясніть, чому організм легко взаємозамінює ці елементи, і як змінюється відновна здатність їхніх сполук (наприклад,  $H_2S$  та  $H_2Se$ ) відповідно до закону періодичності.

3. Оптимізація мийних засобів та жорсткість води. Для миття ліній розливу молока використовують каустичну соду (NaOH). Якщо технологічна вода на заводі є "жорсткою" (містить багато іонів  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$ ), то використання NaOH призводить до випадання пластівців гідроксидів, які забивають форсунки. Для зв'язування цих іонів додають поліфосфати натрію. На основі знань про періодичні зміни властивостей елементів I та II груп поясніть: чому гідроксиди елементів I групи (NaOH, KOH) є сильними лугами і добре розчинні у воді, та чому аналогічні сполуки елементів II групи (особливо Магнію) утворюють осади? Як це пов'язано з енергією кристалічної ґратки та радіусами катіонів?

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

### Тема: Хімічний зв'язок та будова молекул.

#### Мета заняття

Закріпити знання про основні типи хімічного зв'язку (ковалентний, іонний, металічний, водневий) та механізми їх утворення; вивчити поняття гібридизації атомних орбіталей та просторової геометрії молекул і кристалів. Експериментально дослідити вплив типу хімічного зв'язку на фізико-хімічні властивості речовин (розчинність, плавлення, електропровідність); навчитися прогнозувати поведінку мінеральних компонентів, сольових розчинів та дезінфектантів, що використовуються в технологічних процесах.

#### Контрольні запитання

1. Які основні типи хімічного зв'язку ви знаєте? Чим вони відрізняються за механізмом утворення?
2. Поясніть різницю між полярним і неполярним ковалентним зв'язком. Що таке диполь?
3. Які механізми формування ковалентного зв'язку існують (обмінний та донорно-акцепторний)? Наведіть неорганічні приклади (наприклад, іон амонію).
4. Що таке електронегативність і як різниця електронегативностей (ЕН) визначає ступінь іонності зв'язку?
5. Поясніть явище гібридизації атомних орбіталей. Яку геометрію мають молекули з типами гібридизації  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ ?
6. Чому молекула Карбон(IV) оксиду ( $CO_2$ ) є неполярною, хоча зв'язки  $C=O$  в ній є полярними?
7. Яка природа водневого зв'язку? Яке його значення для аномальних фізичних властивостей води?
8. Що таке металічний зв'язок? Які специфічні властивості металів (провідність, пластичність) він зумовлює?
9. Як тип хімічного зв'язку в кристалічній ґратці речовини впливає на її температуру плавлення та розчинність?
10. Сформулюйте правило «подібне розчиняється в подібному» на прикладі полярних та неполярних неорганічних розчинників.

#### Інструктивно-методичні матеріали

У технологічних процесах переробки, дезінфекції та приготування мінеральних розчинів тип хімічного зв'язку визначає поведінку всієї системи.

*Водневий зв'язок та теплові процеси.* Вода є головним середовищем та теплоносієм на підприємствах. Завдяки утворенню водневих зв'язків між молекулами  $H_2O$ , вода має аномально високу температуру кипіння та теплоємність. Це дозволяє ефективно використовувати її для пастеризації та стерилізації обладнання.

*Полярність та розчинність мінеральних добавок.* Приготування рідких мінеральних преміксів для тварин або розчинів для дезінфекції базується на полярності молекул. Речовини з іонним зв'язком ( $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ) або ковалентним сильнополярним зв'язком легко руйнуються диполями води,

утворюючи гідратовані іони. Неполлярні гази або речовини з атомною ґраткою у воді практично не розчиняються.

*Донорно-акцепторний зв'язок у водоочищенні.* При очищенні технологічної води від катіонів жорсткості або важких металів використовують неорганічні комплекси (наприклад, поліфосфати натрію). Вони утворюють міцні донорно-акцепторні зв'язки з металами, «замикаючи» їх у розчинні комплекси та запобігаючи утворенню накипу.

### **Експериментальна частина**

**Завдання 1. Вплив типу хімічного зв'язку та кристалічної ґратки на розчинність, плавлення та електропровідність неорганічних речовин.**

**Посуд та реактиви:** Прилад для перевірки електропровідності розчинів, лабораторні стакани (50 мл), спиртівка, тигельні щипці, порцелянові чашки; дистильована вода, сухі речовини: натрій хлорид (NaCl), калій нітрат (KNO<sub>3</sub>), сірка (S), силіцій(IV) оксид (SiO<sub>2</sub>).

#### **Хід роботи:**

1. **Дослідження розчинності:** У чотири пробірки налейте по 3 мл дистильованої води (полярний розчинник). Внесіть у кожну відповідну речовину: у першу – NaCl, у другу – KNO<sub>3</sub>, у третю – порошок сірки, у четверту – пісок SiO<sub>2</sub>. Струсіть і зафіксуйте розчинність.

2. **Дослідження відношення до нагрівання:** У порцелянову чашку помістіть на відстані один від одного кілька кристалів NaCl та порошок сірки. Обережно нагрійте над полум'ям спиртівки. Зафіксуйте, яка речовина плавиться миттєво, а яка залишається незмінною за даних умов.

3. **Дослідження електропровідності:** Опускайте електроди приладу по черзі в:

- а) сухий NaCl;
  - б) дистильовану воду;
  - в) водний розчин NaCl;
  - г) водний розчин KNO<sub>3</sub>;
  - д) склянку з водною суспензією піску.
- Щоразу промивайте електроди водою.

Речовина	Тип хімічного зв'язку в речовині	Розчинність у воді	Здатність до плавлення при помірному нагріванні	Електропровідність (проводить / ні)	Тип кристалічної ґратки
NaCl					
KNO <sub>3</sub>					
S					
SiO <sub>2</sub>					

**Висновок:** Поясніть, чому речовини з іонною та атомною ґратками мають високі температури плавлення, а молекулярна сірка – низьку. Чому розчини солей проводять струм, а сухі солі – ні?

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

### **Кейс №1: «Приготування мінеральних розчинів та термодинаміка розчинення іонних кристалів»**

**Ситуація:** Для профілактики післяпологового парезу у корів ветеринарна служба готує концентровані розчини кальцій хлориду (CaCl<sub>2</sub>). Лаборант засипав суху безводну сіль у воду і помітив, що стакан сильно нагрівся. При приготуванні іншого розчину – калій нітрату (KNO<sub>3</sub>) для лабораторних аналізів якості кормів – спостерігалось навпаки, різке охолодження розчину. Головний хімік пояснив це балансом енергії руйнування та утворення хімічних зв'язків.

#### **Завдання:**

1. Опишіть тип хімічного зв'язку в кристалах CaCl<sub>2</sub> та KNO<sub>3</sub>. Які сили утримують частинки у кристалічній ґратці?

2. Розпишіть два етапи процесу розчинення з погляду хімічного зв'язку: 1) руйнування кристалічної ґратки солі; 2) гідратація іонів (взаємодія іонів з диполями води). Який із цих процесів є ендотермічним (йде з поглинанням тепла), а який – екзотермічним (з виділенням)?

3. Зробіть висновок: у якому випадку (CaCl<sub>2</sub> чи KNO<sub>3</sub>) енергія утворення зв'язків між іонами та молекулами води (енергія гідратації) значно перевищує енергією руйнування самої кристалічної ґратки?

### **Кейс №2: «Вибір неорганічних дезінфектантів на основі полярності молекул та проникної здатності»**

**Ситуація:** Для дезінфекції тваринницьких приміщень проти бактеріальних спор хімічна лабораторія порівнює ефективність двох неорганічних речовин: хлорного газу (Cl<sub>2</sub>, у вигляді хлорної води) та розчину натрій гіпохлориту (NaClO). Спостереження показали, що молекулярний хлор значно швидше проходить крізь мінералізовані оболонки бактеріальних клітин, тоді як іони гіпохлориту (ClO<sup>-</sup>) затримуються на поверхні.

### **Завдання:**

1. Напишіть електронну та графічну формули молекули  $\text{Cl}_2$ . Визначте тип хімічного зв'язку та ступінь полярності цієї молекули.

2. Опишіть характер зв'язків у сполуці  $\text{NaClO}$  (між якими атомами зв'язок є іонним, а між якими – ковалентним полярним).

3. Спираючись на правило полярності, поясніть, чому неполярна молекула  $\text{Cl}_2$  легко долає ліпофільні (напівнеполярні) бар'єри оболонки клітин, а заряджений іон  $\text{ClO}^-$  зазнає відштовхування або затримується.

### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Електронна архітектура неорганічних газів у сховищах. При зберіганні зерна та сухих кормів у силосах для запобігання розвитку шкідників використовують метод регульованого газового середовища, закачуючи туди Карбон(IV) оксид ( $\text{CO}_2$ ) або Азот ( $\text{N}_2$ ). Обчисліть різницю електронегативностей для зв'язків C-O у молекулі карбон діоксиду. Визначте тип гібридизації атома Карбону та просторову геометричну форму молекули. Поясніть, чому за наявності полярних зв'язків сама молекула є лінійною і симетричною (неполярною). Запишіть електронну конфігурацію молекули  $\text{N}_2$ . Поясніть, чому наявність потрійного ковалентного зв'язку робить цей неорганічний газ надзвичайно стійким та інертним у звичайних умовах.

2. Аномалії мінеральних гідридів: Чому вода рідка, а сірководень — газ? У тваринницьких приміщеннях при розкладі гною виділяється токсичний газ сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Сульфур та Оксиген є елементами-аналогами VI головної групи. Проте їхні вищі гідриди мають кардинально різні фізичні властивості:  $\text{H}_2\text{O}$  кипить при  $+100^\circ\text{C}$ , а  $\text{H}_2\text{S}$  є газом, який зріджується лише при  $-60^\circ\text{C}$ , хоча молекула сірководню є важчою. Користуючись поняттям електронегативності та радіуса атомів, поясніть, між якими молекулами можливе утворення міцного водневого зв'язку і як це впливає на агрегатний стан речовини.

3. Донорно-акцепторний механізм у фіксації амонійного азоту. При внесенні неорганічного добрива – амоній сульфату ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) – у ґрунт, або при накопиченні аміаку ( $\text{NH}_3$ ) в стічних водах комплексів, ключову роль відіграє катіон амонію  $\text{NH}_4^+$ . Поясніть, як утворюється цей катіон з молекули аміаку та іона Гідрогену ( $\text{H}^+$ ). Який атом є донором електронної пари, а який – акцептором? Чи відрізняється четвертий ковалентний зв'язок в іоні амонію від інших трьох за своїми властивостями (довжиною, міцністю) після його утворення?

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

### Тема: Хімічні реакції та їх закономірності.

#### Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію хімічних реакцій (сполучення, розкладу, заміщення, обміну) та їхні енергетичні ефекти (екзо- та ендотермічні процеси); вивчити закономірності хімічної кінетики (вплив концентрації, температури та каталізаторів на швидкість реакції) та принципи зсуву хімічної рівноваги. Експериментально дослідити теплові ефекти неорганічних реакцій та фактори, що керують швидкістю процесів; навчитися застосовувати принцип Ле Шательє для математичного прогнозування та оптимізації мінеральних хімічних процесів.

#### Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікують хімічні реакції в неорганічній хімії?
2. Що таке тепловий ефект реакції? Чим відрізняються екзотермічні реакції від ендотермічних з погляду зміни ентальпії?
3. Сформулюйте закон Гесса та поясніть його практичне значення для термохімічних розрахунків.
4. Що вивчає хімічна кінетика? Дайте визначення швидкості хімічної реакції для гомогенних та гетерогенних систем.
5. Як чинить вплив концентрація реагуючих речовин на швидкість реакції? Сформулюйте закон діючих мас.
6. Поясніть правило Вант-Гоффа. Що таке температурний коефіцієнт швидкості реакції?
7. Яка роль каталізаторів у хімічних процесах? Чим відрізняється гомогенний каталіз від гетерогенного?
8. Що таке енергія активації та як вона впливає на швидкість взаємодії неорганічних сполук?
9. Дайте визначення явища хімічної рівноваги. Чому її називають динамічною? Що таке константа рівноваги?
10. Сформулюйте принцип Ле Шательє. Як впливають зміна тиску, температури та концентрації на стан рівноваги?

#### Інструктивно-методичні матеріали

Управління хімічними реакціями на виробництві або в екологічних системах базується на законах термодинаміки та кінетики:

*Матеріальний та тепловий баланс (Термохімія).* Будь-який промисловий синтез неорганічних речовин або нейтралізація відходів супроводжується виділенням або поглинанням тепла. Знання термохімії дозволяє розрахувати, скільки енергії виділиться при гашенні вапна або скільки тепла потрібно підвести для розкладу вапняку, щоб уникнути аварійного перегріву чи замерзання реакторів.

*Керування швидкістю процесу (Кінетика).* Швидкість хімічних перетворень у гетерогенних системах (наприклад, розчинення мінеральних добрив або лужне вилуговування руд) безпосередньо залежить від площі контакту фаз (подрібнення), температури та перемішування. Збільшення

концентрації активного реагенту або застосування неорганічних каталізаторів дозволяє інтенсифікувати процеси в рази.

*Зсув рівноваги (Принцип Ле Шательє).* Багато неорганічних реакцій є оборотними. Зміна зовнішніх параметрів дозволяє штучно зміщувати рівновагу в бік утворення цільового продукту. Наприклад, підвищення тиску зміщує рівновагу в бік меншого об'єму газів, а охолодження сприяє перебігу екзотермічних процесів.

### Експериментальна частина

**Завдання 1. Дослідження впливу концентрації реагентів та температури на швидкість неорганічної реакції.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, секундомір, лабораторні стакани, термометр, водяна баня; розчини: натрій тіосульфату ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 0,1 моль/л), сульфатної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,1 моль/л), дистильована вода.

#### Хід роботи:

**1. Вплив концентрації:** У три пробірки налейте розчин натрій тіосульфату та дистильовану воду в таких співвідношеннях:

Пробірка № 1: 4 мл розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;

Пробірка № 2: 2 мл розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  та 2 мл води;

Пробірка № 3: 1 мл розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  та 3 мл води.

У першу пробірку додайте 1 мл розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , миттєво увімкніть секундомір і збовтайте. Зафіксуйте час ( $\tau$ , с) до помутніння розчину через виділення дрібнодисперсної сірки. Повторіть дослід для пробірок № 2 та № 3.

**2. Вплив температури:** В одну пробірку налейте 2 мл розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , в іншу – 2 мл розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Підігрійте обидві пробірки на водяній бані до визначеної температури (температура має бути вища за кімнатну на  $10^\circ\text{C}$ ). Злийте розчини разом і зафіксуйте час появи помутніння.

Номер досліджу	Об'єм $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мл	Об'єм $\text{H}_2\text{O}$ , мл	Відносна концентрація	Температура, $^\circ\text{C}$	Час появи осаду ( $\tau$ ), с	Відносна швидкість ( $1/\tau$ )
1						
2						
3						
4						

**Висновок:** Складіть молекулярне рівняння реакції між натрій тіосульфатом та сульфатною кислотою. Побудуйте графічну залежність швидкості реакції від концентрації та температури. Зробіть висновок щодо відповідності результатів закону діючих мас та правила Вант-Гоффа.

### Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

**Кейс №1: «Термохімічні розрахунки при утилізації кислих стоків та вапнуванні»**

**Ситуація:** На тваринницькому комплексі для дезінфекції та стабілізації осаду стічних та технологічних вод використовують процес гашення

негашеного вапна (CaO). Технологічна служба цеху виявила, що при одноразовому завантаженні великої кількості CaO у залізобетонний резервуар з водою відбувається бурхливе закипання суміші, що руйнує захисне покриття ємності. Інженер-технолог має розрахувати тепловий ефект реакції, щоб оптимізувати подачу води та запобігти аварії.

**Завдання:**

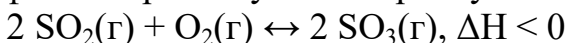
1. Запишіть термохімічне рівняння реакції взаємодії кальцій оксиду з водою.

2. Користуючись довідковими даними стандартних ентальпій утворення речовин ( $\Delta H^0_{\text{утв}}(\text{CaO}_{(\text{тв})}) = -635,1$  кДж/моль,  $\Delta H^0_{\text{утв}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}) = -285,8$  кДж/моль,  $\Delta H^0_{\text{утв}}(\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{тв})}) = -986,2$  кДж/моль обчисліть тепловий ефект цієї реакції за законом Гесса.

3. Визначте, яка кількість тепла (у кДж) виділиться в технологічний резервуар, якщо для гашення буде використано 112 кг чистого кальцій оксиду. Зробіть висновок про характер процесу (екзо- чи ендотермічний).

**Кейс №2: «Оптимізація уловлювання шкідливих газів на підприємствах за принципом Ле Шательє»**

**Ситуація:** У цеху дезінфекції та обробки обладнання відхідні гази містять значну кількість шкідливого неорганічного газу – сульфур(IV) оксиду (SO<sub>2</sub>). Для його уловлювання та перетворення на нейтральний сульфат використовують оборотну каталітичну реакцію окиснення:



З плином часу вихід цільового газу SO<sub>3</sub> впав, що призвело до викидів сірчистого ангідриду в атмосферу. Технолог лабораторії має запропонувати зміну параметрів процесу для зміщення рівноваги вправо.

**Завдання:**

1. Запишіть математичний вираз для константи хімічної рівноваги (K<sub>p</sub>) цього процесу.

2. Прогнозуйте, як вплинуть на стан рівноваги та напрямок зміщення процесу (вправо чи вліво) такі фактори:

- а) підвищення загального тиску в системі;
- б) зниження температури реакційної суміші;
- в) введення надлишку кисню (O<sub>2</sub>) у систему.

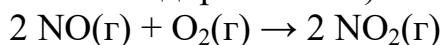
3. Поясніть, чи вплине застосування гетерогенного каталізатора (наприклад, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) на чисельне значення константи рівноваги та на кінцевий вихід SO<sub>3</sub>. Яка роль каталізатора в оборотних системах?

**Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Гетерогенна кінетика у виробництві мінеральних підкормок. Для збагачення раціону тварин фосфором і кальцієм використовують кормовий преципітат кальцій гідрогенфосфат (CaHPO<sub>4</sub>). Його отримують шляхом взаємодії подрібненого мінералу фосфориту з хлоридною кислотою. Запропонуйте три практичні неорганічні методи інтенсифікації

(прискорення) цієї гетерогенної реакції на заводі, спираючись на теоретичні закони кінетики для систем типу «тверда речовина – рідина».

2. Закон діючих мас та кінетичні розрахунки. Реакція окиснення нітроген(II) оксиду (який утворюється при роботі двигунів внутрішнього згоряння на підприємствах) описується неорганічним рівнянням:



Обчисліть, як і в скільки разів зміниться початкова швидкість цієї гомогенної реакції, якщо технолог прийме рішення збільшити тиск у системі в 3 рази за незмінної температури (що еквівалентно зменшенню об'єму системи).

3. Корозійні процеси та температурний коефіцієнт. Залізне обладнання цеху піддається дії розчинів мінеральних солей, що викликає корозію за рівнянням взаємодії заліза з кислотами. Швидкість корозії (розчинення заліза) за кімнатної температури (20°C) становить 0,05 г/(м<sup>2</sup>·год). Обчисліть швидкість цього деструктивного процесу при аварійному прогріванні ліній пастеризації до температури 50°C, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції ( $\gamma$ ) для даної системи дорівнює 3. Зробіть висновок про безпеку температурного чинника для експлуатації металевих конструкцій.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

### Тема: Розчини.

#### Мета заняття

Закріпити знання про фізико-хімічну природу розчинів, фактори, що впливають на розчинність неорганічних речовин, та теорію електролітичної дисоціації; навчитися проводити розрахунки для приготування розчинів із заданою масовою часткою та молярною концентрацією речовини. Експериментально освоїти техніку приготування розчинів із сухих солей, проведення точного розведення та дослідження властивостей електролітів.

#### Контрольні запитання

1. Дайте визначення розчину. Чому розчинення є фізико-хімічним, а не суто фізичним процесом?
2. Що таке розчинність і від яких чинників (температура, тиск, природа речовини) вона залежить для твердих солей та газів?
3. Які розчини називають насиченими, ненасиченими та пересиченими?
4. Сформулюйте визначення масової частки розчиненої речовини ( $W$ ). У яких одиницях вона вимірюється?
5. Що таке молярна концентрація ( $C_M$ ) і яка її розмірність?
6. Поясніть суть процесу електролітичної дисоціації. Які неорганічні сполуки відносять до електролітів?
7. Чим відрізняються сильні електроліти від слабких? Наведіть приклади сильних і слабких кислот та лугів.
8. Що таке ступінь дисоціації ( $\alpha$ ) та які фактори впливають на його чисельне значення?
9. Запишіть у молекулярному та іонному вигляду класичні реакції обміну в розчинах неорганічних солей. За яких умов вони йдуть до кінця?
10. Яку роль відіграє рН розчину в хіміко-технологічних процесах? Яке середовище називають кислим, нейтральним та лужним?

#### Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, санітарії цехів та лабораторному аналізі якість і точність приготування розчинів мінеральних речовин є критично важливими.

Стандартизація концентрацій. Будь-яка технологічна операція – від дезінфекції обладнання розчинами лугів до введення мінеральних преміксів у напувалки – вимагає суворого дотримання концентрації. Помилка у розрахунках масової частки або молярності може призвести або до неефективності обробки, або до хімічних опіків обладнання та отруєння біосистем.

Гідратація та дисоціація іонів. При розчиненні у воді солі, кислоти та луги дисоціюють (розпадаються) на катіони та аніони, які оточуються диполями води (гідратуються). Саме вільні іони забезпечують високу хімічну активність розчинів та їхню здатність проводити електричний струм, що використовується в автоматичних приладах контролю концентрації (кондуктометрах).

Контроль рН середовища. Електролітична дисоціація води та розчинених у ній сполук визначає рівень рН розчину (концентрацію іонів Гідрогену). Контроль рН є базовим етапом у водоочищенні, оцінці стабільності мінеральних колоїдних систем та при нейтралізації кислих або лужних промислових стоків.

### Експериментальна частина

**Завдання 1. Розрахунок та практичне приготування водного розчину неорганічної солі з заданою масовою часткою та переведення її у молярну концентрацію.**

**Посуд та реактиви:** Технохімічні або аналітичні ваги, мірний циліндр (на 100 мл), мірна колба, хімічний стакан, скляна паличка, ареометр (або денсиметр для вимірювання густини); суха сіль – натрій хлорид (NaCl) або мідний купорос (безводний CuSO<sub>4</sub>).

#### Хід роботи:

1. **Розрахунковий етап:** Розрахуйте масу солі ( $m_{\text{реч}}$ , г) та об'єм води ( $V_{\text{води}}$ , мл), необхідні для приготування 100 г розчину з масовою часткою солі  $W = 5\%$ .

2. **Експериментальний етап:** На вагах зважте розраховану масу сухої солі в хімічному стакані. Мірним циліндром відміряйте необхідний об'єм дистильованої води і перелийте її до солі.

3. Ретельно перемішайте розчин скляною паличкою до повного розчинення кристалів. Повністю перелийте отриманий розчин у циліндр і за допомогою ареометра визначте його густину ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>).

4. **Перерахунок у молярність:** Користуючись виміряною густиною розчину та молярною масою солі, обчисліть молярну концентрацію ( $C_M$ , моль/л) приготованого розчину за формулою:

$$C_M = \frac{W \cdot \rho \cdot 1000}{M_{\text{солі}}}$$

Параметр розрахунку	Значення
Розрахована маса солі, г	
Розрахований об'єм води, мл	
Експериментальна густина розчину ( $\rho$ ), г/см <sup>3</sup>	
Обчислена молярна концентрація ( $C_M$ ), моль/л	

**Висновок:** Опишіть послідовність дій при приготуванні розчину солі. Поясніть, чому молярна концентрація розчину змінюється, якщо змінюється температура системи.

### Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів

**Кейс №1: «Приготування дезінфікуючих розчинів лугів та розрахунок розведення»**

**Ситуація:** Для санітарної обробки ліній і ємностей на переробному підприємстві хімічна лабораторія має підготувати 50 л робочого розчину

натрій гідроксиду (NaOH) з масовою часткою  $W = 2\%$  ( $\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$ ). У наявності на складі є концентрований базовий розчин NaOH з масовою часткою  $40\%$  ( $\rho = 1,43 \text{ г/см}^3$ ). Лаборанту необхідно точно визначити об'єми концентрованого лугу та води для змішування, щоб уникнути псування обладнання через надлишок реагенту.

**Завдання:**

1. Обчисліть загальну масу 50 л робочого 2% розчину NaOH та чисту масу сухого лугу, що має в ньому міститися.

2. Користуючись правилом змішування (або формулою розведення), визначте масу та об'єм (у літрах) базового 40% розчину NaOH, який необхідно відміряти.

3. Обчисліть об'єм води, який треба додати до базового розчину для отримання точної концентрації. Запишіть рівняння дисоціації NaOH у водному розчині.

**Кейс №2: «Аналіз твердості води та реакції обміну в розчинах електролітів»**

**Ситуація:** Технологічна вода, що надходить на котельну установку підприємства, має високу мінеральну твердість через надлишок розчиненого кальцій хлориду ( $\text{CaCl}_2$ ). При нагріванні це призводить до утворення стійкого накипу. Для хімічного пом'якшення води лаборант додає до неї розчин неорганічного натрій карбонату ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). У результаті реакції катіони Кальцію повністю зв'язуються в осад.

**Завдання:**

1. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації солей  $\text{CaCl}_2$  та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у водному розчині.

2. Складіть молекулярне, повне іонне та скорочене іонне рівняння реакції взаємодії між цими двома сильними електролітами.

3. Поясніть на основі теорії Арреніуса, завдяки утворенню якої саме малорозчинної неорганічної сполуки дана реакція обміну в розчині перебігає необоротно (до кінця).

**Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Розрахунок молярності дезінфікуючих розчинів для ветеринарії. Для обробки приміщень використовують водний розчин сильного неорганічного окисника – калій перманганату ( $\text{KMnO}_4$ ). У лабораторії є розчин цієї солі з молярною концентрацією  $C_M = 0,25 \text{ моль/л}$ . Ветеринарному лаборанту потрібно приготувати 2 л розчину для поточної дезінфекції. Обчисліть, яку масу сухої мінеральної солі  $\text{KMnO}_4$  необхідно було витратити для приготування такого об'єму розчину.

2. Вплив електролітів на коагуляцію та стабільність неорганічних суспензій. При очищенні промислових стічних вод від дрібнодисперсних мінеральних часток (глини, піску) у розчин вводять неорганічний коагулянт – алюміній сульфат  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Складіть рівняння дисоціації цієї солі у водному розчині. Поясніть, чому утворення багатозарядних катіонів  $\text{Al}^{3+}$  значно

ефективніше нейтралізує негативний заряд мінеральних колоїдних часток у воді порівняно з однозарядними катіонами Натрію ( $\text{Na}^+$ ).

3. Математичний розрахунок іонних концентрацій та рН. У лабораторії підготували розчин сильної хлоридної кислоти ( $\text{HCl}$ ) з молярною концентрацією 0,001 моль/л. Вважаючи, що цей сильний електроліт дисоціює повністю ( $\alpha = 100\%$ ), визначте молярну концентрацію іонів Гідрогену [ $\text{H}^+$ ] у цьому розчині, розрахуйте водневий показник рН даного розчину та спрогнозуйте, як зміниться колір універсального індикаторного паперу при зануренні у цей розчин.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

### Тема: Окисно-відновні процеси.

#### Мета заняття

Закріпити знання про природу окисно-відновних реакцій (ОВР), поняття «ступінь окиснення», «окисник», «відновник», «процес окиснення» та «процес відновлення»; освоїти метод електронного балансу для розставлення коефіцієнтів у неорганічних рівняннях. Експериментально дослідити залежність окисних властивостей мінеральних солей від рН середовища та навчитися прогнозувати продукти ОВР для контролю хімічних процесів у промисловості.

#### Контрольні запитання

1. Дайте визначення окисно-відновним реакціям. Чим вони відрізняються від реакцій обміну?
2. Що таке ступінь окиснення? Сформулюйте правила його визначення в неорганічних сполуках.
3. Які процеси називають окисненням, а які – відновленням? Як при цьому змінюється ступінь окиснення елементів?
4. Хто такий окисник, а хто – відновник?
5. Які неорганічні речовини виявляють функцію тільки окисника, тільки відновника, або мають окисно-відновну двоїстість? Наведіть приклади.
6. У чому полягає суть методу електронного балансу? Що таке закон збереження заряду?
7. Назвіть найважливіші лабораторні та промислові окисники.
8. Як характер середовища (кисле, нейтральне, лужне) впливає на глибину відновлення перманганат-аніону ( $MnO_4^-$ )?
9. Які існують типи ОВР (міжмолекулярні, внутрішньомолекулярні, диспропорціонування)? Наведіть приклади.
10. Яке значення мають окисно-відновні процеси у водоочищенні та знезараженні стічних вод тваринницьких комплексів?

#### Інструктивно-методичні матеріали

Окисно-відновні реакції є основою багатьох дезінфекційних, очисних та аналітичних процесів у промисловості. Керування цими процесами вимагає чіткого розуміння напрямку переходу електронів.

*Знезараження та деструкція токсикантів.* Використання мінеральних окисників (хлору, озону, калій перманганату) у процесах очищення води базується на їхній здатності забирати електрони від неорганічних токсикантів (наприклад, сульфідів чи нітритів), перетворюючи їх на безпечні вищі форми (сульфати та нітрати).

*Вплив рН на хімічні трансформації.* Один і той самий окисник поводиться абсолютно по-різному залежно від кислотності розчину. Наприклад, калій перманганат у кислому середовищі приймає 5 електронів (знебарвлюється), у нейтральному – 3 електрони (випадає бурий осад  $MnO_2$ ), а в сильно лужному – лише 1 електрон (утворюється зелений манганат

$K_2MnO_4$ ). Це дозволяє технологу регулювати витрату реагентів та якість очищення шламу.

*Корозія як небажана ОВР.* Руйнування металевих конструкцій цехів (заліза, міді) під дією кисню або кислот є класичним окисно-відновним процесом, де метал безпосередньо виступає відновником, втрачаючи електрони і переходячи у форму іржавих гідроксидів або солей.

#### **Експериментальна частина**

**Завдання 1.** Дослідження залежності окисних властивостей калій перманганату ( $KMnO_4$ ) від характеру середовища розчину.

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, піпетки; розчини: калій перманганату ( $KMnO_4$ , 0,05 М), натрій сульфїту ( $Na_2SO_3$ , 0,1 М), сульфатної кислоти ( $H_2SO_4$ , 10%), натрій гідроксиду ( $NaOH$ , 10%), дистильована вода.

#### **Хід роботи:**

1. У три пробірки налейте по 2 мл розчину калій перманганату.

2. Створіть різне середовище у пробірках:

У пробірку № 1 додайте 1 мл розчину сульфатної кислоти (кисле середовище).

У пробірку № 2 додайте 1 мл дистильованої води (нейтральне середовище).

У пробірку № 3 додайте 1 мл розчину лугу (лужне середовище).

3. У кожену пробірку краплями додавайте розчин відновника – натрій сульфїту, струшуючи пробірки.

4. Зафіксуйте зміни, що відбуваються в кожній з пробірок.

Номер пробірки	Середовище розчину	Візуальні спостереження	Продукт відновлення Мангану	Ступінь окиснення Мангану після реакції
1				
2				
3				

*Висновок:* Сформулюйте закономірність відновлення калій перманганату в різних середовищах. Складіть схеми електронного балансу для всіх трьох реакцій.

#### **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

**Кейс №1: «Очищення промислових стічних вод від токсичного сірководню методом окиснення»**

**Ситуація:** У стічних водах тваринницького підприємства внаслідок анаеробного розкладу неорганічних сульфатів накопичився токсичний газ із

різким запахом – сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Для його нейтралізації хімічна служба цеху використовує обробку стічних вод мінеральним хлором ( $\text{Cl}_2$ ), який подається у вигляді хлорної води. У результаті реакції сірка повністю окиснюється до вищої нетоксичної мінеральної форми – сульфатної кислоти, а хлор переходить у хлорид-іони.

**Завдання:**

1. Напишіть молекулярне рівняння ОВР між сірководнем, хлором та водою
2. Визначте ступені окиснення всіх елементів до і після реакції. Вкажіть, який елемент є окисником, а який — відновником.
3. Складіть схему електронного балансу та розставте коефіцієнти в рівнянні реакції. Поясніть процес окиснення сірки з погляду кількості відданих електронів.

**Кейс №2: «Захист металевого обладнання від корозії»**

**Ситуація:** Під час капітального ремонту ліній пастеризації лаборант вирішив промити залізні резервуари від мінерального накипу залишками концентрованої нітратної кислоти ( $\text{HNO}_3$ ). Технолог цеху негайно зупинив процес, пояснивши, що нітратна кислота є потужним окисником за рахунок Нітрогену, і замість розчинення накипу відбудеться інтенсивне окисно-відновне руйнування (корозія) самих залізних стінок апарату з виділенням бурого токсичного газу – нітроген(IV) оксиду.

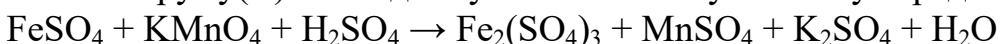
**Завдання:**

1. Напишіть молекулярне рівняння ОВР взаємодії заліза з концентрованою нітратною кислотою при нагріванні.
2. Складіть схему електронного балансу, визначте коефіцієнти. Вкажіть речовину-окисник та речовину-відновник.
3. Обґрунтуйте, чому нітратна кислота ніколи не виділяє водень при взаємодії з металами, на відміну від звичайної хлоридної кислоти.

**Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

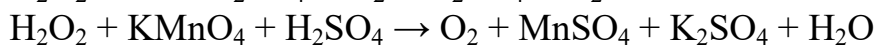
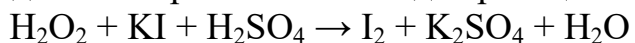
Електронний баланс та типи окисно-відновних реакцій. У лабораторіях якісного аналізу для визначення чистоти неорганічних солей часто використовують реакцію термічного розкладу бертолетової солі (калій хлорату) у присутності мінерального каталізатора  $\text{MnO}_2$ : напишіть рівняння реакції, визначте ступені окиснення та складіть схему електронного балансу. До якого типу ОВР належить цей процес? Поясніть чому.

Аналітичне визначення мінерального заліза (Перманганатометрія). Для контролю якості підземних вод, що йдуть на напування тварин, визначають вміст іонів Феруму(II). Метод базується на ОВР у кислому середовищі:



Розставте коефіцієнти методом електронного балансу. Обчисліть, яку масу іонів  $\text{Fe}^{2+}$  може окиснити 1 моль калій перманганату відповідно до знайдених коефіцієнтів.

Окисно-відновна двоїстість у процесах водопідготовки. Гідроген пероксид ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) широко використовується як неорганічний екологічно чистий антисептик. Оксиген у ній має проміжний ступінь окиснення -1. Складіть електронний баланс для реакцій:



Зробіть висновок, у якому з цих процесів перекис водню виконує роль окисника, а в якому – відновника. Поясніть це на основі переходу електронів.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

**Тема: Основні класи неорганічних сполук. Зв'язок між класами неорганічних сполук.**

### **Мета заняття**

Закріпити й систематизувати знання про класифікацію неорганічних речовин, їхню номенклатуру та хімічні властивості; навчитися розрізняти солетворні (кислотні, основні, амфотерні) та несолетворні оксиди, середні та кислі солі, луги та нерозчинні основи. Експериментально дослідити хімічні властивості та способи взаємного перетворення неорганічних сполук; навчитися складати рівняння реакцій, що відображають генетичний зв'язок між різними класифікаційними групами.

### **Контрольні запитання**

1. На які основні класи поділяють неорганічні сполуки? Дайте визначення кожному класу.
2. Як класифікують оксиди? Чим принципово відрізняються за хімічними властивостями кислотні, основні та амфотерні оксиди? Наведіть приклади.
3. Які оксиди відносять до несолетвірних?
4. Як класифікують основи за розчинністю у воді? Які специфічні властивості мають луги порівняно з нерозчинними у воді гідроксидами?
5. Охарактеризуйте хімічну природу та властивості амфотерних гідроксидів на прикладі цинк гідроксиду або алюміній гідроксиду.
6. Як класифікують мінеральні кислоти за складністю аніона та кількістю атомів Гідрогену (основністю)?
7. Дайте визначення солям. Чим відрізняються за складом і номенклатурою середні, кислі та основні солі?
8. Що таке «генетичний зв'язок» у неорганічній хімії? Сформулюйте принципи переходу від простої речовини (металу чи неметалу) до відповідної солі.
9. За яких умов солі можуть взаємодіяти з іншими солями або металами у водних розчинах? Скористайтеся рядом активності металів.
10. Яке практичне значення має реакція нейтралізації для очищення промислових стічних вод та утилізації залишків кислот і лугів?

### **Інструктивно-методичні матеріали**

У промисловій практиці, аналітичному контролі та екологічному менеджменті знання властивостей неорганічних класів речовин є базовим інструментом для керування хімічними процесами.

*Класифікаційний підхід у нейтралізації відходів.* Розуміння хімічного характеру сполук дозволяє правильно підбирати реагенти для очищення. Наприклад, кислі стоки гальванічних цехів, що містять надлишок мінеральних кислот або кислотних оксидів ( $\text{SO}_2$ ), нейтралізують за допомогою дешевого основного оксиду (вапна  $\text{CaO}$ ) або лугу ( $\text{NaOH}$ ). Для нейтралізації надлишку лугів використовують слабкі мінеральні кислоти.

*Амфотерність у водоочищенні.* Деякі неорганічні сполуки мають подвійну природу – здатні взаємодіяти і з кислотами, і з лугами. Цю властивість амфотерних гідроксидів, наприклад алюміній гідроксиду  $Al(OH)_3$ , активно використовують у процесах коагуляції: залежно від рН середовища, цей гідроксид може змінювати свій заряд та форму, ефективно захоплюючи мінеральні домішки та випадаючи в осад у вигляді пластівців.

*Генетичні ланцюги як основа промислових технологій.* Отримання будь-якого цільового мінерального продукту (наприклад, сульфатів, нітратів чи фосфатів для мінеральних добавок) базується на послідовних хімічних перетвореннях за схемою: Метал (або Неметал) → Оксид → Гідроксид (або Кислота) → Сіль. Розуміння цих зв'язків дозволяє оптимізувати вихід продукту та мінімізувати кількість побічних неорганічних шлаків.

### Експериментальна частина

**Завдання 1. Експериментальне моделювання генетичного зв'язку між класами неорганічних сполук.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, тримач для пробірок, спиртівка; розчини: купрум(II) сульфату ( $CuSO_4$ ), натрій гідроксиду ( $NaOH$ ), хлоридної кислоти ( $HCl$ ), залізний зачищений дріт або порошок заліза ( $Fe$ ).

#### Хід роботи:

1. Отримання нерозчинної основи (гідроксиду): У пробірку налейте 2 мл розчину купрум(II) сульфату і додайте 1 мл розчину лугу. Зафіксуйте появу осаду та його колір.

2. Термічний розклад гідроксиду до оксиду: Обережно затисніть пробірку з отриманим осадом у тримачі та нагрійте у полум'ї пальника. Спостерігайте за зміною кольору осаду.

3. Розчинення оксиду в кислоті (отримання солі): До утвореного чорного осаду додайте 2 мл розчину хлоридної кислоти і злегка підігрійте. Зафіксуйте зникнення осаду та зміну забарвлення розчину.

4. Реакція заміщення (генетичний перехід до іншого металу): У розчин отриманої солі опустіть зачищений залізний дріт (або додайте порошок заліза). Через 2–3 хвилини вийміть дріт і зафіксуйте зміни.

Етап процесу	Візуальні спостереження (колір, вигляд осаду/розчину)	Тип реакції за класифікацією	Молекулярне рівняння хімічної реакції
Етап 1			
Етап 2			
Етап 3			
Етап 4			

**Висновок:** На основі проведених дослідів запишіть повний генетичний ланцюжок перетворення речовин міді. Поясніть, як тип неорганічного класу сполук визначає його здатність реагувати з кислотами чи лугами.

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

### **Кейс №1: «Вибір неорганічних реагентів для нейтралізації кислих шахтних та промислових вод»**

**Ситуація:** На промисловому майданчику внаслідок дренажу мінеральних пластів утворилися стічні води з високою кислотністю ( $\text{pH} = 2,5$ ), що зумовлено наявністю вільної сульфатної кислоти та розчиненого ферум(III) сульфату. Перед скиданням у природну водойму воду необхідно нейтралізувати до нейтрального значення  $\text{pH}$  та повністю опустити іони заліза в осад. На складі є три неорганічні речовини: кальцій оксид, силіцій(IV) оксид та натрій хлорид. Хімік-технолог має вибрати правильний реагент.

#### **Завдання:**

1. Розподіліть запропоновані три речовини ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ) за класами неорганічних сполук. Вкажіть їхній хімічний характер.

2. Обґрунтуйте, чому  $\text{SiO}_2$  та  $\text{NaCl}$  є абсолютно непридатними для нейтралізації сульфатної кислоти та осадження заліза.

3. Запишіть рівняння реакцій нейтралізації сульфатної кислоти та осадження іонів Феруму(III) у вигляді гідроксиду за допомогою вибраного реагенту ( $\text{CaO}$ ), враховуючи його попередню взаємодію з водою (утворення вапняного молока).

### **Кейс №2: «Технологічні ризики при використанні амфотерних металів у лініях миття та дезінфекції»**

**Ситуація:** На переробному підприємстві для модернізації трубопроводів подачі дезінфікуючих розчинів технічний відділ закупив партію труб з алюмінієвим покриттям. Проте під час першого ж циклу санітарної обробки з використанням гарячого розчину сильного неорганічного лугу – натрій гідроксиду – спостерігалось бурхливе виділення газу, руйнування стінок труб та деформація системи. Головний лаборант пояснив це амфотерною природою Алюмінію.

#### **Завдання:**

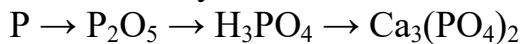
1. Дайте визначення поняттю «амфотерність». До якого класу сполук належатиме гідроксид, що утворюється на поверхні алюмінію при взаємодії з вологою?

2. Запишіть рівняння реакції взаємодії металічного алюмінію з розчином натрій гідроксиду та водою, враховуючи утворення розчинної комплексної солі – натрій тетрагідроксоалюмінату ( $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ) та виділення водню ( $\text{H}_2$ ).

3. Зробіть технологічний висновок: чому конструкційні матеріали, що містять амфотерні елементи ( $\text{Al}$ ,  $\text{Zn}$ ), категорично заборонено використовувати в контакті з лужними дезінфікуючими розчинами?

## Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи

Генетичні зв'язки неметалів: від фосфориту до ортофосфатної кислоти. У виробництві мінеральних добрив та кормових фосфатів ключовим процесом є отримання ортофосфатної кислоти ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка перетворень неметалу:



Назвіть усі утворені речовини за сучасною номенклатурою та вкажіть клас, до якого вони належать.

Властивості та взаємоперетворення кислих і середніх солей. При насиченні вапняної води неорганічним карбон(IV) оксидом спочатку спостерігається помутніння розчину через утворення середньої солі – кальцій карбонату. При тривалому пропусканні газу розчин знову стає прозорим, оскільки середня сіль переходить у розчинну кислу сіль – кальцій гідрокарбонат. Запишіть рівняння обох послідовних реакцій. Поясніть, чим відрізняються кислі солі від середніх за характером дисоціації та ступенем заміщення атомів Гідрогену в кислоті.

Прогнозування реакцій обміну між солями на основі розчинності. У технологічній лабораторії необхідно підготувати чистий осад малорозчинної солі барій сульфату для рентгеноструктурного аналізу мінеральних шламів. Запропонуйте два різних варіанти молекулярних рівнянь реакцій для отримання цієї солі, використовуючи:

- а) взаємодію солі з кислотою;
- б) взаємодію між двома розчинними неорганічними солями.

Перевірте за таблицею розчинності, чи виконуються умови перебігу реакцій обміну до кінця.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

### Тема: Хімічні елементи-метали.

#### Мета заняття

Закріпити знання про особливості електронної будови атомів металів, їхні фізико-хімічні властивості та закономірності взаємодії з водою, мінеральними кислотами й розчинами солей. Експериментально дослідити хімічну активність металів та її залежність від положення елемента в електрохімічному ряду напруг; навчитися прогнозувати перебіг неорганічних процесів за участю металів та їхніх сполук для вирішення прикладних технологічних завдань.

#### Контрольні запитання

1. Які особливості електронної будови атомів металів зумовлюють їхню відновну здатність? У яких блоках (s-, p-, d-, f-) Періодичної системи розташовані метали?

2. Що таке металічний зв'язок і які специфічні фізичні властивості (електропровідність, теплоємність, пластичність) він забезпечує?

3. Як змінюється хімічна активність металів у періодах та головних групах Періодичної системи зі збільшенням заряду ядра?

4. Що характеризує електрохімічний ряд напруг металів? Який фізичний зміст стандартного електродного потенціалу?

5. Які метали здатні витіснити водень із розчинів мінеральних кислот (хлоридної, розведеної сульфатної)?

6. Опишіть особливості взаємодії лужних та лужноземельних металів з водою. Які продукти при цьому утворюються?

7. Чому деякі активні метали (наприклад, алюміній, хром) стійкі до дії води та кисню за звичайних умов? Що таке пасивація?

8. Як взаємодіють метали з розчинами солей інших металів? Яке правило керує цими процесами?

9. У чому полягає відмінність у властивостях сполук типів оксидів та гідроксидів для металів головних (s-, p-) та побічних (d-) підгруп?

10. Які неорганічні методи захисту металевого обладнання від корозії ви знаєте?

#### Інструктивно-методичні матеріали

У промисловому обладнанні, апаратах переробних цехів та будівельних конструкціях метали виступають головними конструкційними матеріалами. Керування їхньою стабільністю базується на законах неорганічної хімії.

*Ряд активності як основа сумісності матеріалів.* При проектуванні трубопроводів та реакторів важливо враховувати положення металів у ряду напруг. Контакт двох різних металів (наприклад, заліза та міді) у водному мінеральному середовищі призводить до утворення гальванічної пари, де більш активний метал (залізо, що стоїть лівіше) піддається прискореному окисненню (корозії).

*Специфіка d-елементів.* Метали побічних підгруп (хром, манган, ферум) мають незаповнений передзовнішній d-електронний підрівень. Це зумовлює

наявність у них змінних ступенів окиснення та здатність утворювати широкий спектр сполук – від основних (у нижчих ступенях окиснення, наприклад FeO) до амфотерних (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) та кислотних (у вищих ступенях, наприклад CrO<sub>3</sub>).

*Луги та твердість.* Лужні (Na, K) та лужноземельні (Ca, Ba) метали утворюють розчинні або малорозчинні сильні основи. Наявність іонів Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup> у воді визначає її технологічну твердість, що вимагає постійного контролю для запобігання утворенню накипу в теплообмінниках.

### **Експериментальна частина**

**Завдання 1. Дослідження відносної хімічної активності металів та їхньої взаємодії з розчинами мінеральних кислот і солей.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, наждачний папір, скляні палички; зразки металів: цинку (Zn), заліза (Fe), міді (Cu), алюмінію (Al); розчини: хлоридної кислоти (HCl, 10%), купрум(II) сульфату (CuSO<sub>4</sub>), цинк сульфату (ZnSO<sub>4</sub>).

#### **Хід роботи:**

**1. Взаємодія металів з кислотами:** У три пробірки налийте по 2 мл розчину хлоридної кислоти. У першу пробірку внесіть гранулу цинку, у другу – шматочок заліза, у третю – зачищений шматочок мідного дроту. Спостерігайте за інтенсивністю виділення газу. Запишіть рівняння відповідних реакцій.

**2. Взаємодія металів з розчинами солей:** У пробірку налийте 2 мл розчину купрум(II) сульфату та опустіть туди гранулу цинку. Зафіксуйте зміну на поверхні металу та зміну забарвлення розчину через 5 хвилин. Запишіть рівняння реакції.

*Висновок:* Сформулюйте закономірність зміни хімічної активності металів залежно від їхнього положення в електрохімічному ряду напруг. Складіть молекулярні та скорочені іонні рівняння для всіх ОВР, що відбулися.

### **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

**Кейс №1: «Запобігання корозії металевих ємностей та гальванічні пари на виробництві»**

**Ситуація:** На переробному комплексі для зберігання мінералізованої технологічної води було встановлено сталевий резервуар. Для кріплення внутрішніх неорганічних фільтрів монтажники використали мідні защіпки. Через кілька місяців експлуатації в місцях контакту заліза з міддю

утворилися наскрізні свищі та корозійні руйнування стінок резервуару, хоча чиста сталь без контакту з міддю майже не пошкодилася.

**Завдання:**

1. Користуючись електрохімічним рядом напруг, порівняйте активність Феруму та Купруму. Який із цих металів має нижчий (більш негативний) стандартний електродний потенціал?

2. Опишіть роботу утвореної мікрогальванічної пари у водному середовищі: який метал виконує роль анода (руйнується), а який – катода?

3. Запишіть електронні рівняння процесів окиснення металу-анода та відновлення кисню на катоді в нейтральному середовищі. Запропонуйте варіант заміни матеріалу заклепок для уникнення цього явища.

**Кейс №2: «Пасивація металів та аварійні ризики при транспортуванні концентрованих мінеральних кислот»**

**Ситуація:** Для потреб цеху водопідготовки залізничним транспортом необхідно перевезти великий об'єм концентрованої сульфатної кислоти. Головний інженер запропонував використати стандартні цистерни, виготовлені з вуглецевої сталі, без внутрішнього захисного покриття. Молодий лаборант висловив побоювання, що кислота повністю розчинить залізо з виділенням вибухонебезпечного газу. Проте технолог підтвердив безпечність такого транспортування завдяки явищу пасивації.

**Завдання:**

1. Поясніть суть явища «пасивації» металів. Які метали здатні пасивуватися під дією концентрованих кислот-окисників на холоді?

2. Опишіть, що утворюється на поверхні заліза при контакті з концентрованою сульфатною кислотою і чому ця неорганічна плівка зупиняє подальше руйнування металу.

3. Зробіть застереження: чому при випадковому розбавленні цієї кислоти водою (наприклад, під час замивання цистерни) розпочнеться бурхливе руйнування сталевих стінок? Запишіть рівняння реакції заліза з розведеною сульфатною кислотою.

**Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Амфотерні властивості сполук металів у хімічних процесах. Метали алюміній та цинк утворюють оксиди та гідроксиди з амфотерним характером. Для аналітичного відділу цеху запишіть молекулярні рівняння реакцій, що підтверджують амфотерність цинк гідроксиду  $Zn(OH)_2$  при його взаємодії з:

а) хлоридною кислотою;

б) водним розчином натрій гідроксиду.

2. Розрахунок виходу водню при взаємодії металу з кислотою. Для лабораторного генератора водню лаборант розчиняє 13 кг технічного цинку (що містить 5% інертних мінеральних домішок) у надлишку хлоридної кислоти. Обчисліть теоретичний об'єм (у  $m^3$  за нормальних умов) водню ( $H_2$ ), який виділиться в результаті цього процесу, спираючись на стехіометричні коефіцієнти хімічного рівняння.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

### Тема: Хімічні елементи-неметали.

#### Мета заняття

Закріпити знання про особливості електронної будови атомів неметалів, їхнє положення в Періодичній системі та високу електронегативність; вивчити явище алотропії та причини відмінностей у властивостях алотропних модифікацій Карбону, Оксигену, Фосфору та Сірки. Експериментально дослідити специфіку неорганічних сполук неметалів (водневих сполук, кислотних оксидів), їхні окисно-відновні властивості та навчитися прогнозувати характер їхньої взаємодії в технологічних і мінеральних системах.

#### Контрольні запитання

1. Які особливості електронної будови атомів неметалів зумовлюють їхню високу електронегативність та переважно окисний характер?
2. У якій частині Періодичної системи розташовані елементи-неметали?
3. Що таке алотропія? Які причини зумовлюють існування алотропних модифікацій (наведіть приклади для Оксигену та Фосфору)?
4. Поясніть, чому алмаз і графіт, маючи однаковий елементний склад (Карбон), кардинально відрізняються за твердістю та електропровідністю.
5. Як змінюються окисні та відновні властивості неметалів у періодах та головних групах? Назвіть найактивніший неметал-окисник.
6. Охарактеризуйте зміну властивостей вищих оксидів неметалів та відповідних їм гідратів (кислот) у періодах та групах.
7. Які особливості мають леткі водневі сполуки неметалів? Як змінюється їхній кислотно-основний характер у розчинах по періоду та групі?
8. Що таке окисно-відновна двоїстість неметалів? Наведіть неорганічні приклади сполук, де елемент виявляє проміжний ступінь окиснення.
9. Які неметали та їхні сполуки найчастіше використовуються як робочі середовища або агенти для очищення у промисловості?
10. Поясніть екологічне значення та токсичність деяких неорганічних газів неметалів (CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S).

#### Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, водоочищенні та технологіях зберігання продукції хімічні властивості неметалів та їхніх сполук визначають кінетику та безпеку процесів.

*Окисна здатність галогенів у санітарії.* Висока електронегативність галогенів (зокрема Хлору) робить їх потужними неорганічними окисниками. Хлор або сполуки, що його виділяють, руйнують клітинні мембрани бактерій шляхом окиснення мінералізованих компонентів їхніх оболонок, що є основою хлорування технологічної води.

*Алотропія та сорбційні технології.* Явище алотропії Карбону безпосередньо використовується в адсорбційному очищенні промислових стоків. Графітоподібна мікроструктура активованого вугілля з великою

кількістю пор та некомпенсованих ковалентних зв'язків дозволяє ефективно утримувати на своїй поверхні дрібнодисперсні неорганічні токсиканти та гази.

*Кислотно-основні трансформації газів.* Багато промислових викидів містять кислотні оксиди неметалів (наприклад,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ). При взаємодії з атмосферною вологою або конденсатом на обладнанні вони утворюють відповідні мінеральні кислоти (сульфітну, карбонатну, нітратну), викликаючи явище «кислотних дощів» та інтенсивну корозію металевих конструкцій апаратів.

### Експериментальна частина

**Завдання 1. Експериментальне дослідження властивостей кислотних оксидів неметалів та відновної здатності неорганічних сульфідів.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, газовідвідна трубка, хімічні стакани, лабораторне джерело нагрівання; кристалічний натрій сульфід ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), сульфатна кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 10%), розчин калій перманганату ( $\text{KMnO}_4$ ), порошок сірки (S), універсальний індикаторний папір, дистильована вода.

### Хід роботи:

1. **Отримання та властивості кислотного сульфуру(IV) оксиду:** У пробірку помістіть кристалічний натрій сульфід і додайте 1-2 мл розчину сульфатної кислоти. Закрийте пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустіть у стакан з дистильованою водою. Спостерігайте за виділенням газу.

2. Через 1–2 хвилини вийміть трубку, перемішайте воду в стакані та внесіть туди смужку універсального індикатора. Зафіксуйте зміну кольору та визначте приблизне значення рН утвореного розчину мінеральної кислоти.

3. **Дослідження відновних властивостей сполук неметалів у нижчих ступенях окиснення:** В пробірку налейте 2 мл слабого рожевого розчину калій перманганату, підкисленого краплею сульфатної кислоти. Пропустіть через цей розчин газ, що утворюється в попередньому досліді (або додайте  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Зафіксуйте повне знебарвлення розчину, що свідчить про перебіг ОВР.

Етап досліді	Ознаки хімічного процесу (колір, зміна рН, ефект)	Молекулярне рівняння хімічної реакції
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

**Висновок:** Поясніть, чому оксиди більшості неметалів змінюють рН води в кислу сторону. Охарактеризуйте ОВР знебарвлення перманганату, склавши схему електронного балансу для Сульфуру та Мангану.

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

**Кейс №1: «Аналіз ризиків накопичення токсичного сірководню при зберіганні шламів та його неорганічна нейтралізація»**

**Ситуація:** У підземних технологічних резервуарах накопичувальних комплексів підприємства внаслідок анаеробної життєдіяльності сульфатредуючих бактерій у мінеральному шламі розпочалося бурхливе виділення сірководню – легкої водневої сполуки неметалу Сульфуру. Газ має запах тухлих яєць, є надзвичайно токсичним і викликає сильну корозію арматури. Начальник лабораторії запропонував зв'язати цей газ, промиваючи вентиляційні викиди через розчин купрум(II) сульфату.

### **Завдання:**

1. Запишіть рівняння електrolітичної дисоціації сірководневої кислоти у водному розчині. Який характер (сильний чи слабкий) має цей мінеральний електроліт?

2. Складіть молекулярне та скорочене іонне рівняння реакції між сірководнем та купрум(II) сульфатом, враховуючи утворення чорного осаду купрум(II) сульфід.

3. Обґрунтуйте хімічну ефективність цього методу: чому утворення сульфіді міді дозволяє повністю видалити неметал Сульфур із газової фази, незважаючи на те, що  $H_2S$  є слабкою кислотою?

**Кейс №2: «Застосування азотної пасивації та регульованого середовища неметалів у сховищах елеваторів»**

**Ситуація:** Для тривалого збереження партій насінневого фонду та захисту від окиснення киснем повітря й пошкодження мікроорганізмами, елеваторний комплекс використовує технологію заповнення силосів чистим азотом. Інженер-стажер висловив сумнів щодо безпечності використання азоту, припускаючи, що він може легко прореагувати з мінеральними компонентами зерна або стінками сховища, подібно до кисню. Головний технолог заперечив це, вказавши на унікальну будову молекули азоту.

### **Завдання:**

1. Напишіть електронну та графічну формули молекули азоту. Визначте тип хімічного зв'язку між атомами Нітрогену.

2. Поясніть з погляду енергії зв'язку, чому молекулярний азот за звичайних температур поводить себе як хімічно інертний газ (майже як благородні гази) і не підтримує процеси окиснення.

3. Запишіть рівняння реакції, яка можлива для азоту з металами. Визначте ступінь окиснення Нітрогену в цій сполуці.

**Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Окисно-відновна двоїстість сполук неметалів (на прикладі Нітрогену). Елемент Нітроген утворює сполуки зі ступенями окиснення від -3 до +5. Для

аналітичного контролю стічних вод запишіть неорганічні рівняння ОВР, які показують, що калій нітрит виявляє:

а) відновні властивості при взаємодії з сильним окисником калій дихроматом у кислому середовищі, переходячи в нітрат;

б) окисні властивості при взаємодії з калій йодидом у кислому середовищі, відновлюючись до газу нітроген(II) оксиду.

Розставте коефіцієнти методом електронного балансу.

2. Порівняльна характеристика неорганічних гідридів неметалів. Користуючись значеннями радіусів атомів та їхньої електронегативності, поясніть, чому при розчиненні у воді летка сполука Нітрогену – аміак – утворює слабку основу (амоній гідроксид), тоді як летка сполука Хлору – хлороводень – дисоціює повністю з утворенням хлоридної кислоти. Запишіть відповідні рівняння процесів у водному середовищі.

3. Стехіометричні розрахунки абсорбції карбон діоксиду лугами. Для зменшення «вуглецевого сліду» та очищення повітря в інкубаційних залах використовують неорганічні поглиначі на основі натрій гідроксиду. Обчисліть масу (в кг) сухого лугу, яку необхідно витратити технологу для повного зв'язування  $44\text{ м}^3$  (за нормальних умов) карбон(IV) оксиду з утворенням середньої солі та води.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

### Тема: Вуглеводні.

#### Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію вуглеводнів, типи гібридизації атомів Карбону ( $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ ) та види хімічного зв'язку ( $\sigma$ - та  $\pi$ -зв'язки); вивчити закономірності зміни фізико-хімічних властивостей у гомологічних рядах алканів, алкенів, алкінів та аренів. Експериментально дослідити способи лабораторного отримання та специфіку хімічної поведінки насичених і ненасичених сполук, освоїти якісні реакції на кратні зв'язки для ідентифікації сполук.

#### Контрольні запитання

1. На які основні групи класифікують вуглеводні за будовою карбонового ланцюга та характером зв'язків?

2. Які особливості електронної будови та просторової геометрії молекул алканів?

3. Дайте визначення гомології та ізомерії. Які види структурної ізомерії характерні для насичених вуглеводнів?

4. Які типи хімічних реакцій є найбільш характерними для алканів? Чому вони стійкі до дії концентрованих кислот та лугів за звичайних умов?

5. Охарактеризуйте електронну будову алкенів та алкінів. Чим  $\pi$ -зв'язок принципово відрізняється від  $\sigma$ -зв'язку за міцністю та реакційною здатністю?

6. Сформулюйте правило Марковнікова на прикладі реакцій гідрогенгалогенування ненасичених сполук.

7. Які якісні реакції дозволяють експериментально відрізнити ненасичені вуглеводні від насичених?

8. Опишіть особливості електронної будови молекули бензену. У чому полягає суть поняття «ароматичність» (правило Хюккеля)?

9. Які типи реакцій (заміщення чи приєднання) є переважними для ароматичних вуглеводнів і в яких умовах вони перебігають?

10. Які вуглеводневі фракції є основою паливно-мастильних матеріалів, що використовуються в матеріально-технічному забезпеченні підприємств?

#### Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, експлуатації техніки та синтезі допоміжних матеріалів знання властивостей вуглеводнів дозволяє оптимізувати процеси та контролювати якість середовищ:

*Стабільність і метаболізм насичених систем.* Алкани (наприклад, пропан, бутан, компоненти дизельного палива та масел) через високу міцність одинарних  $\sigma$ -зв'язків Карбон-Карбон є хімічно інертними. Вони не взаємодіють з мінеральними солями та електролітами, що робить їх ідеальними гідрофобними захисними мастилами проти неорганічної корозії металів.

*Реакційна здатність у газовому контролі.* На відміну від алканів, ненасичені газоподібні вуглеводні (етилен  $C_2H_4$ , ацетилен  $C_2H_2$ ) мають рухливі  $\pi$ -зв'язки. Етилен є природним фітогормоном, що виділяється при

зберіганні плодоовочевої продукції і прискорює її дозрівання. Контроль його концентрації у сховищах за допомогою неорганічних абсорбентів є критичним для запобігання псуванню сировини.

*Енергетичний баланс та горіння.* Усі вуглеводні є висококалорійним паливом. Процес їхнього повного горіння є глибокою екзотермічною окисно-відновною реакцією, продуктами якої є виключно стабільні неорганічні оксиди – карбон(IV) оксид та вода. Порушення режиму подачі кисню призводить до неповного згоряння з утворенням токсичного чадного газу (CO) або сажі.

### Експериментальна частина

**Завдання 1. Лабораторне отримання етилену та експериментальне дослідження його хімічних властивостей порівняно з насиченими системами.**

**Посуд та реактиви:** Пробірки з газовідвідними трубками, лабораторний штатив, промивна склянка, пальник; речовини: етанол (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), сульфатна кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), бромна вода (Br<sub>2</sub>), розчин калій перманганату (KMnO<sub>4</sub>), насичений алкан (гексан), кварцовий пісок (для рівномірного кипіння).

### Хід роботи:

**1. Генерація ненасиченого вуглеводню (дегідратація):** У суху пробірку налейте 2 мл спирту та обережно додайте 4 мл сульфатної кислоти, внесіть дрібку чистих мінеральних крупинок піску. Закрийте пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, закріпіть у штативі та почніть обережне нагрівання суміші.

**2. Якісна реакція на кратний зв'язок:** Кінець газовідвідної трубки, з якої виділяється газ, опустіть у пробірку з 2 мл розчину калій перманганату, а потім у пробірку з 2 мл розчину бромної води. Спостерігайте за змінами, що відбуваються в пробірках.

**3. Порівняльний дослід з насиченим вуглеводнем:** У пробірку налейте 2 мл насиченого вуглеводню і додайте 1 мл розчину калій перманганату. Інтенсивно струсіть суміш. Зафіксуйте що відбувається.

Досліджуваний вуглеводень	Візуальні ознаки взаємодії з розчином KMnO <sub>4</sub>	Візуальні ознаки взаємодії з розчином Br <sub>2</sub>	Рівняння хімічного процесу або обґрунтування інертності
Етилен			
Гексан			

**Висновок:** Поясніть причину різкої відмінності в хімічній активності алканів та алкенів стосовно неорганічних окисників. Яку роль відіграє характер зв'язку між атомами Карбону?

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

### **Кейс №1: «Аналіз складу автомобільних палив та екологічні наслідки неповного згоряння вуглеводнів»**

**Ситуація:** При проведенні планового технічного огляду тракторного парку підприємства екологічна інспекція виявила, що в одному з двигунів внутрішнього згоряння, який працює на дизельному паливі (основа – вищі алкани), вміст чадного газу у вихлопних газах перевищує норму в 4 рази. Інженер-механік має пояснити причину цього явища з хімічного погляду та запропонувати технологічне рішення.

#### **Завдання:**

1. Запишіть молекулярне рівняння ОВР повного згоряння декану у надлишку кисню з утворенням неорганічних продуктів. Розставте коефіцієнти.

2. Запишіть рівняння реакції неповного згоряння декану.

3. Обґрунтуйте хімічну причину накопичення СО: зміна концентрації якого саме неорганічного реагенту в паливній суміші викликає цей процес? Запропонуйте метод оптимізації роботи двигуна.

### **Кейс №2: «Використання ацетиленового зварювання при ремонті неорганічних металоконструкцій»**

**Ситуація:** Для проведення аварійно-ремонтних робіт на магістральному сталевому трубопроводі теплопостачання зварювальний пост використовує портативний генератор, у якому внаслідок взаємодії неорганічного кальцій карбіду з водою безпосередньо на місці отримують ацетилен. Цей газ при згорянні в суміші з чистим киснем дає надзвичайно високу температуру полум'я (понад 3000°C), що дозволяє плавити та зварювати сталь.

#### **Завдання:**

1. Запишіть рівняння реакції отримання ацетилену шляхом карбідного гідролізу. Вкажіть клас неорганічної сполуки, що утворюється як побічний шлам.

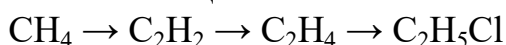
2. Складіть молекулярне рівняння реакції повного термічного окиснення (горіння) ацетилену в кисневому струмені термохімічного пальника.

3. Поясніть з погляду електронної будови та співвідношення елементів Карбону й Гідрогену, чому горіння ацетилену супроводжується значно більшим виділенням тепла на одиницю об'єму порівняно з насиченим метаном.

### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Генетичний зв'язок між класами вуглеводнів (ланцюги перетворень):

У промисловому органічному синтезі перехід від однієї структури до іншої базується на послідовних реакціях дегідрування, гідрування або тримеризації. Складіть молекулярні рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка:



Вкажіть умови перебігу процесів (температура, наявність мінеральних каталізаторів) та назвіть усі продукти за сучасною номенклатурою.

2. Закон об'ємних відносин газів у вуглеводневих процесах. Для опалення допоміжних приміщень ферми використовують зріджений газ пропан. Користуючись законом Авогадро та стехіометричними коефіцієнтами рівняння горіння пропану, обчисліть об'єм (у м<sup>3</sup>) чистого кисню, який витратиться на повне спалювання 5 м<sup>3</sup> цього газу. Розрахуйте, який об'єм повітря знадобиться для цього процесу.

3. Якісний аналіз вуглеводневих середовищ. У лабораторію нафтопродуктів на аналіз надійшли два немарковані зразки рідких вуглеводнів: один є гексаном (насичений алкан), інший – гексеном (ненасичений алкен). Запропонуйте для лаборанта чітку інструкцію проведення експрес-аналізу з виявлення кожного із зразків. Опишіть візуальні ефекти, які дозволять однозначно ідентифікувати кожну речовину, та запишіть рівняння відповідних реакцій.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

### Тема: Карбонові кислоти. Естери. Жири.

#### Мета заняття

Закріпити знання про будову карбоксильної групи, класифікацію карбонових кислот, механізм реакції естерифікації та хімічну природу жирів (тригліцеридів); вивчити відмінності у властивостях насичених і ненасичених вищих жирних кислот. Експериментально дослідити хімічні властивості монокарбонових кислот, синтезувати складні ефіри (естери) та вивчити процес лужного гідролізу жирів (омилення) з отриманням мила.

#### Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте електронну будову карбоксильної групи. Як взаємний вплив атомів у цій групі позначається на рухливості іона Гідрогену?
2. Як змінюється розчинність у воді та сила карбонових кислот у гомологічному ряду зі збільшенням молекулярної маси?
3. Порівняйте хімічні властивості мінеральних (неорганічних) кислот та одноосновних карбонових кислот. Які спільні реакції вони демонструють?
4. Що таке реакція естерифікації? Яку роль у цій реакції відіграє концентрована неорганічна сульфатна кислота?
5. Дайте визначення естерам. Які їхні головні фізичні властивості та де вони застосовуються у промисловості?
6. Що таке жири з хімічного погляду? Які спирти та кислоти є основою їхньої структури?
7. Чим принципово відрізняються за складом та фізичним станом рослинні олії від тваринних жирів? Наведіть приклади вищих жирних кислот.
8. Що таке процес гідролізу жирів? Чим відрізняється оборотний (кислотний) гідроліз від необоротного (лужного)?
9. Які продукти утворюються в результаті лужного омилення тригліцеридів? Чим відрізняється тверде мило від рідкого за хімічним складом?
10. Як експериментально довести наявність кратного зв'язку в молекулі рідкого жиру (олії)?

#### Інструктивно-методичні матеріали

Оксигеновмісні органічні сполуки є основою багатьох біотехнологічних, харчових та санітарних процесів. Розуміння їхньої неорганічної та органічної взаємодії є ключовим для хімічного контролю.

*Взаємодія з основами* Карбонові кислоти, хоч і є переважно слабкими електролітами, легко взаємодіють з неорганічними оксидами, гідроксидами та солями слабших кислот (наприклад, карбонатами). Реакція оцтової кислоти з натрій карбонатом ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) супроводжується бурхливим виділенням вуглекислого газу, що використовується як експрес-тест на карбоксильну групу.

*Синтез естерів та запахи.* Реакція естерифікації є класичним прикладом оборотної рівноважної системи. Щоб змістити рівновагу в бік

утворення цільового естеру, хіміки використовують концентровану сульфатну кислоту ( $H_2SO_4$ ), яка одночасно працює і як неорганічний катализатор, і як речовина, що зв'язує (абсорбує) утворену воду. Отримані естери мають виражені фруктові запахи і слугують промисловими розчинниками та ароматизаторами.

*Хімія омилення та поверхнево-активні речовини (ПАР).* Лужний гідроліз жирів у присутності лугів (NaOH або KOH) дозволяє розірвати естерні зв'язки тригліцеридів. Продуктами реакції є трьохатомний спирт гліцерол та натрієві або калієві солі вищих жирних кислот (пальмітати, стеарати, олеати), які є основою мила. Ці солі мають унікальну дифільну будову, що дозволяє їм знижувати поверхневий натяг води та емульгувати гідрофобні забруднення.

### **Експериментальна частина**

**Завдання 1. Лабораторний синтез етилового естеру оцтової кислоти (етилацетату) та дослідження реакції омилення жирів.**

**Посуд та реактиви:** Пробірки, газовідвідна трубка з пробкою, хімічні стакани, лабораторна баня (водяна), піпетки; речовини: етанол ( $C_2H_5OH$ ), льодяна оцтова кислота ( $CH_3COOH$ ), сульфатна кислота ( $H_2SO_4$ ), насичений розчин натрій хлориду (NaCl), рослинна олія або свинячий жир, 20% розчин натрій гідроксиду (NaOH).

### **Хід роботи:**

1. **Синтез естеру:** У суху пробірку налейте 2 мл етанолу та 2 мл льодяної оцтової кислоти. Обережно, краплями при струшуванні, додайте 1 мл сульфатної кислоти.

2. Закрийте пробірку пробкою з довгою скляною трубкою (або газовідвідною трубкою, направленою в іншу пробірку, охолоджувану водою) і нагрівайте суміш на водяній бані протягом 5 хвилин.

3. Вміст пробірки вилийте в стаканчик із 5 мл насиченого розчину NaCl. Зафіксуйте появу специфічного приємного запаху етилацетату та утворення чіткого верхнього шару естеру, який не розчиняється у мінералізованій воді.

4. **Лужний гідроліз:** У велику пробірку помістіть 1 мл рослинної олії (або 1 г жиру) і додайте 3 мл 20% розчину натрій гідроксиду. Отриману емульсію інтенсивно кип'ятіть на водяній бані при постійному перемішуванні протягом 10 хвилин, періодично додаючи по краплях дистильовану воду замість випарованої.

5. До гарячої суміші додайте 4 мл гарячого насиченого розчину NaCl (процес висолювання). Спостерігайте за виділенням щільного верхнього шару твердого мила (натрієвих солей жирних кислот).

	<b>Візуальні спостереження (ефекти, запахи, шари рідини)</b>	<b>Молекулярне рівняння хімічної реакції</b>
<b>Дослід 1</b> (Синтез естеру)		
<b>Дослід 2</b> (Омилення жиру)		

*Висновок:* Поясніть механізм дії сульфатної кислоти в реакції естерифікації на основі принципу Ле Шательє. Опишіть фізико-хімічну суть процесу висолювання мила за допомогою неорганічної солі.

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

**Кейс №1: «Аналіз причин зниження мийної здатності ПАР у жорсткій мінералізованій воді»**

**Ситуація:** На переробному підприємстві для миття ліній та тари було використано розчин звичайного твердого мила (основа – натрій стеарат). Проте при використанні артезіанської води з високим вмістом неорганічних солей Кальцію та Магнію ефективність миття впала до нуля, а на стінках обладнання з'явився сірий липкий пластівчастий осад, що забруднив форсунки.

### **Завдання:**

1. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації натрій стеарату у водному розчині.

2. Складіть молекулярне та скорочене іонне рівняння реакції обміну між натрій стеаратом та кальцій хлоридом, що міститься у твердій воді, враховуючи утворення нерозчинного кальцій стеарату.

3. Обґрунтуйте хімічну проблему: чому утворення кальцієвих солей вищих жирних кислот позбавляє мило його властивостей ПАР? Запропонуйте неорганічний метод пом'якшення води перед приготуванням розчину.

**Кейс №2: «Контроль якості рослинних олій та визначення ступеня їхнього насичення»**

**Ситуація:** На склад харчового цеху надійшло два зразки технічних рослинних жирів: один є свіжою соняшниковою олією (основа – тригліцерид ненасиченої олеїнової кислоти), а інший – гідрогенізованим рослинним жиром (саломасом, де ненасичені зв'язки повністю наситили воднем). Лаборант має за допомогою експрес-методу без використання складних приладів визначити, де саме міститься натуральна рідка олія з кратними зв'язками.

### **Завдання:**

Яку електронну особливість (наявність якого зв'язку між атомами Карбону) мають радикали ненасичених жирних кислот порівняно з насиченими?

1. Запропонуйте неорганічний реагент для проведення аналізу. Опишіть візуальний ефект, який спостерігатиметься при взаємодії цього реагенту з ненасиченим жиром.

2. Запишіть рівняння реакції.

### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Генетичний зв'язок між класами: від вуглеводню до карбонової кислоти. У промисловому синтезі харчових добавок консервантів важливим є ланцюг отримання оцтової кислоти з неорганічної та найпростішої органічної сировини. Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного перетворення:



Вкажіть назви всіх процесів та умови їхнього перебігу.

2. Розрахунок виходу продукту при лужному гідролізі естерів:

Для очищення ємностей від залишків промислового естеру етилформиату масою 14,8 кг лаборант обробляє його надлишком розчину натрій гідроксиду. Обчисліть теоретичну масу (в кг) утвореної солі, виходячи зі стехіометричних коефіцієнтів хімічного рівняння гідролізу.

3. Специфічні реакції мурашиної (метанової) кислоти. Мурашина кислота є унікальною серед карбонових кислот, оскільки її молекула, крім карбоксильної групи, одночасно містить і альдегідну групу. Через це вона здатна вступати в ОВР з мінеральними окисниками. Запишіть рівняння реакції «срібного дзеркала» для мурашиної кислоти. Визначте, які неорганічні продукти утворюються в результаті повного окиснення цієї кислоти, та розставте коефіцієнти.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

### Тема: Вуглеводи.

#### Мета заняття

Закріпити знання про класифікацію вуглеводів (моносахариди, дисахариди, полісахариди), їхню будову та наявність у структурах різних функціональних груп (гідроксильних, альдегідних чи кетонних); вивчити закономірності взаємоперетворення лінійних та циклічних форм моносахаридів. Експериментально дослідити хімічні властивості глюкози, сахарози та крохмалю, навчитися проводити якісні неорганічні реакції для ідентифікації різних класів вуглеводів у технологічних середовищах.

#### Контрольні запитання

1. Дайте визначення вуглеводам. Чому вони мають таку назву і яка їхня загальна формула?
2. Як класифікують вуглеводи за здатністю до гідролізу? Наведіть приклади для кожної групи.
3. Охарактеризуйте будову молекули глюкози. Чому її називають альдегидоспиртом? Які функціональні групи зумовлюють її хімічні властивості?
4. У чому полягає відмінність між  $\alpha$ - та  $\beta$ -формами циклічних молекул моносахаридів? Що таке глікозидний гідроксил?
5. Чим за хімічною будовою та властивостями відрізняється фруктоза від глюкози? До якого класу моносахаридів вона належить?
6. Що таке дисахариди? Поясніть, чому сахароза належить до невідновлюючих цукрів, а мальтоза чи лактоза — до відновлюючих.
7. Які продукти утворюються в результаті повного гідролізу сахарози? Яку роль у цьому процесі відіграють мінеральні кислоти?
8. Охарактеризуйте полісахариди на прикладі крохмалю та целюлози. З залишків якого моносахариду вони побудовані і чим відрізняються їхні структури?
9. Яка неорганічна речовина є специфічним якісним реагентом на крохмаль? Опишіть візуальний ефект взаємодії.
10. Яке промислове та біотехнологічне значення мають процеси бродіння вуглеводів (спиртового, молочнокислого)?

#### Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, харчових технологіях та лабораторному аналізі хімічні трансформації вуглеводів під дією неорганічних реагентів дозволяють контролювати якість сировини та глибину технологічних процесів.

*Полігідроксильний характер та комплексоутворення.* Оскільки моносахариди та деякі дисахариди містять кілька сусідніх гідроксильних груп -ОН, вони поведуться як багатоатомні спирти. При взаємодії зі свіжоосадженим неорганічним купрум(II) гідроксидом  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  вони утворюють прозорі розчини комплексних сполук інтенсивного синього кольору, що є першим етапом їхнього якісного аналізу.

*Окисно-відновні процеси у визначенні цукрів.* Наявність вільної альдегідної групи в молекулах відновлюючих цукрів (глюкози, мальтози) дозволяє їм легко вступати в ОВР. При нагріванні з неорганічними окисниками (іонами  $\text{Cu}^{2+}$  у лужному середовищі) альдегідна група окиснюється до карбоксильної, а мідь відновлюється з утворенням червоного осаду купрум(I) оксиду ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Це покладено в основу класичних аналітичних методів.

*Каталітичний гідроліз полісахаридів.* Полісахариди  $((\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n)$  є природними полімерами. Під дією температури та неорганічних мінеральних кислот (наприклад, розведеної  $\text{H}_2\text{SO}_4$  або  $\text{HCl}$ ), які виступають каталізаторами, відбувається послідовне розщеплення глікозидних зв'язків через стадії утворення декстринів та мальтози до кінцевого моносахариду – глюкози.

### **Експериментальна частина**

**Завдання 1. Експериментальне дослідження хімічних властивостей глюкози як альдегидоспирту та якісна реакція на крохмаль.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, тримач для пробірок, лабораторна баня або пальник, піпетки; розчини: глюкози (5%), натрій гідроксиду ( $\text{NaOH}$ , 10%), купрум(II) сульфату ( $\text{CuSO}_4$ , 5%), крохмального клейстеру (1%), йоду в калій йодиді (люголівський розчин або спиртовий розчин йоду  $\text{I}_2$ ).

#### **Хід роботи:**

1. **Доведення наявності гідроксильних груп:** У пробірку налейте 2 мл розчину лугу і додайте 3–4 краплі розчину купрум(II) сульфату. До отриманого осаду додайте 2 мл розчину глюкози і струсіть пробірку. Зафіксуйте зміни в пробірці.

2. **Доведення наявності альдегідної групи:** Обережно затисніть пробірку з отриманим на попередньому етапі синім розчином у тримачі та нагрійте її верхню частину в полум'ї пальника (або на водяній бані). Спостерігайте за змінами, що відбуваються в пробірці при нагріванні.

3. **Якісна реакція на полісахариди:** У пробірку налейте 2 мл розчину крохмального клейстеру і додайте 1 краплю розчину йоду. Зафіксуйте появу забарвлення внаслідок утворення комплексу. Нагрійте пробірку – спостерігайте зникнення кольору; охолодіть під струменем води – спостерігайте його відновлення.

Об'єкт дослідження	Умови проведення та додані реагенти	Візуальні спостереження (колір, осад)	Хімічна суть процесу (які функціональні групи або зв'язки виявлено)
Глюкоза			
Крохмаль			

*Висновок:* На основі спостережень обґрунтуйте подвійну хімічну природу глюкози. Запишіть рівняння реакції окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом при нагріванні.

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

### **Кейс №1: «Контроль технологічного процесу гідролізу крохмалю та визначення повноти розщеплення полімеру»**

**Ситуація:** У цеху з виробництва глюкозного сиропу (патоки) проводиться кислотний гідроліз крохмального клейстеру у присутності розведеної сульфатної кислоти. Технологу необхідно оперативно визначити момент, коли весь крохмаль повністю розщепився до моносахаридів, щоб зупинити процес нейтралізацією кислоти крейдою. Для контролю лаборант відбирає проби на кожному етапі та використовує два неорганічні реагенти: розчин йоду та свіжоосаджений купрум(II) гідроксид.

#### **Завдання:**

1. Запишіть загальну схему послідовного неорганічного гідролізу крохмалю.

2. Які результати з йодом та  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (при нагріванні) отримає лаборант, якщо:

- а) гідроліз ще не розпочався;
- б) відбувся повний гідроліз крохмалю до кінцевих продуктів?

3. Запишіть рівняння неорганічної реакції нейтралізації каталізатора (сульфатної кислоти) за допомогою солі кальцій карбонату, вказавши малорозчинний осад, який потім легко видалити фільтрацією.

### **Кейс №2: «Диференціація цукрових розчинів та виявлення фальсифікацій у сировині»**

**Ситуація:** На переробний комплекс надійшла партія рідкого інвертного цукру (суміш глюкози та фруктози). Проте виникла підозра, що сировину фальсифікували звичайним розчином дешевої сахарози. Лабораторія має за допомогою експрес-хімічного тесту з неорганічним окисником без використання поляриметрів спростувати або підтвердити наявність вільної сахарози чи відновлюючих цукрів.

### **Завдання:**

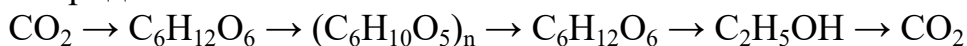
1. До якого класу вуглеводів належить сахароза? З залишків яких моносахаридів вона складається?

2. Поясніть з погляду хімічної будови, чому чиста сахароза, на відміну від глюкози, не дає позитивного тесту «срібного дзеркала» та не реагує з  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при нагріванні. Який зв'язок блокує альдегідну функцію?

3. Запропонуйте хід аналізу: як за допомогою попереднього кип'ятіння з  $\text{HCl}$  та наступного тесту на відновлюючі цукри довести, що початковий розчин містив саме дисахарид сахарозу? Запишіть молекулярне рівняння гідролізу сахарози.

### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Генетичні ланцюги вуглеводних трансформацій (від неорганіки до біополімерів). Основою утворення всіх вуглеводів на планеті є процес фотосинтезу, що відбувається в рослинах. Складіть рівняння реакцій для наступного генетичного ланцюжка, який пов'язує неорганічні оксиди з полісахаридами:



Вкажіть типи процесів та умови їхнього перебігу.

2. Розрахунки за рівняннями процесів бродіння вуглеводів. Для отримання технічного спирту на біохімічному заводі піддають спиртовому бродінню розчин глюкози, отриманий з мінералізованої деревної тирси. Обчисліть теоретичну масу (в кг) утвореного етанолу та об'єм (в  $\text{m}^3$  за нормальних умов) карбон(IV) оксиду, якщо в реакцію вступило 180 кг чистої глюкози відповідно до стехіометричного рівняння.

3. Порівняльний аналіз природних ізомерів: Крохмаль проти Целюлози. Обидва полісахариди мають однакову емпіричну формулу  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ . Складіть порівняльну таблицю для цих неорганічно-органічних макромолекул, вказавши:

- тип моносахаридної ланки;
- геометрію ланцюга;
- фізико-хімічні властивості;
- головну функцію в живих системах.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 14

### Тема: Амінокислоти. Білки.

#### Мета заняття

Закріпити знання про будову та класифікацію амінокислот як гетерофункціональних сполук, що містять аміногрупу та карбоксильну групу; вивчити поняття про пептидний зв'язок та рівні організації білкових молекул (первинну, вторинну, третинну та четвертинну структури). Експериментально дослідити амфотерний характер амінокислот, процеси денатурації білків під дією фізико-хімічних факторів, а також опанувати класичні кольорові неорганічні реакції для ідентифікації білкових макромолекул.

#### Контрольні запитання

1. Чому амінокислоти відносять до гетерофункціональних сполук? Назвіть дві основні функціональні групи, що входять до їхнього складу.

2. Що таке біполярний іон амінокислоти? Як впливає рН середовища на заряд молекули амінокислоти у водному розчині?

3. Поясніть суть поняття «амфотерність» стосовно амінокислот. З якими неорганічними реагентами вони здатні взаємодіяти?

4. Який хімічний зв'язок називають пептидним? Між якими групами яких молекул він утворюється?

5. Охарактеризуйте чотири рівні структурної організації білків. Які типи хімічних зв'язків (ковалентні, водневі, іонні, гідрофобні) стабілізують кожен рівень?

6. Що таке денатурація білка? Які чинники (фізичні та хімічні) здатні викликати цей процес? Чи є денатурація оборотною?

7. Опишіть суть біуретової реакції. Наявність якого фрагмента в молекулі вона доводить і які неорганічні реагенти для неї потрібні?

8. Що виявляє ксантопротеїнова реакція? Які амінокислоти в складі білка відповідають за позитивний результат цього тесту?

9. Яка роль неорганічних солей важких металів ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ) у процесах осадження та денатурації білків? Як це пов'язано з токсикологією?

10. Яке промислове та аналітичне значення має дослідження амінокислотного складу білкової сировини?

#### Інструктивно-методичні матеріали

У промисловій практиці, екологічному моніторингу та біотехнологіях хімічна специфіка білків та амінокислот визначає особливості переробки сировини та захисту біосфери.

*Амфотерність та ізоелектрична точка.* Наявність як кислотної ( $\text{COOH}$ ), так і основної ( $-\text{NH}_2$ ) груп дозволяє амінокислотам і білкам виступати в ролі буферних систем, що підтримують стабільний рН. При певному значенні рН розчину (ізоелектрична точка) сумарний заряд молекули стає рівним нулю, і білок втрачає стійкість у воді, випадаючи в осад. Цей ефект використовують у промисловому виділенні казеїну з молока або ізолятів соєвого білка за допомогою слабких мінеральних кислот.

*Кольорові реакції як метод контролю.* Якісний та кількісний аналіз білків базується на їхній взаємодії з неорганічними іонами. Біуретовий тест використовує іони купруму(II) у лужному середовищі для утворення яскраво-фіолетового комплексу з пептидними зв'язками. Ксантопротейновий тест базується на нітруванні бензольних кілець ароматичних амінокислот концентрованою нітратною кислотою ( $\text{HNO}_3$ ), що призводить до появи жовтого забарвлення.

*Білки як неорганічні антидоти.* Завдяки наявності великої кількості функціональних груп, білки здатні міцно зв'язувати іони важких металів ( $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ) утворюючи нерозчинні мінерально-органічні осади (хелати). Цю властивість використовують у техніці безпеки: при отруєнні солями важких металів потерпілому як невідкладну допомогу вводять сирий яєчний білок або молоко для зв'язування токсикантів у шлунку.

### **Експериментальна частина**

**Завдання 1. Проведення кольорових якісних реакцій на білки та дослідження факторів денатурації.**

**Посуд та реактиви:** Штатив із пробірками, тримач для пробірок, пальник або водяна баня, піпетки; розчини: яєчного білка (або сироватки), натрій гідроксиду ( $\text{NaOH}$ , 10%), купрум(II) сульфату ( $\text{CuSO}_4$ , 10%), нітратної кислоти ( $\text{HNO}_3$ ), етанолу (96%).

#### **Хід роботи:**

**1. Біуретова реакція:** У пробірку налийте 2 мл розчину білка, додайте 2 мл розчину лугу та 2–3 краплі розчину солі  $\text{CuSO}_4$ . Струсіть пробірку. Зафіксуйте зміни.

**2. Ксантопротейнова реакція:** У пробірку налийте 2 мл розчину білка та обережно додайте 1 мл нітратної кислоти. Обережно підігрійте пробірку в полум'ї пальника. Зафіксуйте утворення жовтого осаду або забарвлення. Охолодіть пробірку та додайте по краплях луг до лужної реакції, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

#### **3. Денатурація білка фізичними та хімічними чинниками:**

*Пробірка №3 (термічна дія):* Налийте 2 мл розчину білка та нагрійте до кипіння, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

*Пробірка №4 (дія органічного розчинника):* До 2 мл розчину білка додайте 2 мл етанолу, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

*Пробірка №5 (дія солей важких металів):* До 2 мл розчину білка додайте по краплях 1 мл розчину купрум(II) сульфату, спостерігайте за змінами, що відбуваються.

Дослідний процес	Додані реагенти та умови	Візуальні спостереження (колір, характер осаду)
Біуретовий тест		
Ксантопротеїновий тест		
Термічна коагуляція		
Осадження металами		

**Висновок:** Сформулюйте висновок про будову білків та специфіку їхньої взаємодії з неорганічними кислотами, лугами та солями важких металів. Поясніть різницю між функціональними та структурними тестами на білки.

## **Завдання 2. Групове розв'язання професійно-орієнтованих кейсів**

**Кейс №1: «Розробка системи невідкладної хімічної нейтралізації солей важких металів у цеху гальванопластики»**

**Ситуація:** На промисловому майданчику внаслідок розгерметизації гальванічної ванни стався вилив технологічного розчину, що містить високі концентрації токсичних неорганічних сполук – купрум(II) сульфату та плумбум(II) нітрату. Один із робітників випадково вдихнув дрібнодисперсний аерозоль розчину, і в нього виникли ознаки гострого отруєння. Начальник охорони праці наказав негайно дати робітникові випити велику кількість молока або розчину яєчного альбуміну перед приїздом медиків, а підлогу залити технічним розчином лугу.

### **Завдання:**

1. Поясніть з погляду неорганічної та біоорганічної хімії, чому білки альбумін і казеїн є ефективними антидотами проти іонів важких металів ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ). Що відбувається зі структурою білка?

2. Обґрунтуйте, чому після прийому білкового антидоту необхідно терміново викликати блювоту: чи є утворений мінерально-органічний комплекс абсолютно стабільним у кислому середовищі шлунка ( $\text{pH} = 1,5-2$ )?

**Кейс №2: «Технологічний аналіз процесу ізоелектричного осадження казеїну при утилізації відходів молокозаводів»**

**Ситуація:** При очищенні білковмісних стічних вод молокопереробного підприємства необхідно виділити розчинений білок казеїн, щоб знизити показник біологічного споживання кисню перед скиданням води у міську каналізацію. Відомо, що ізоелектрична точка казеїну лежить при  $\text{pH} = 4,7$ . На складі очисних споруд є технічна хлоридна кислота та кальцій гідроксид. Хімік-технолог має налаштувати систему дозування для максимального випадання білка в осад.

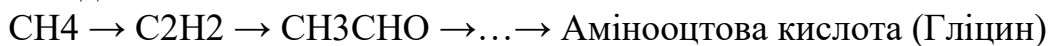
### **Завдання:**

1. Дайте визначення поняттю «ізоелектрична точка білка». Чому саме в цій точці гідрофільний білок повністю втрачає стійкість у розчині та коагулює?

2. Який реагент – кислоту чи луг – має використати технолог, якщо вихідні стічні води мають слаболужну реакцію (рН = 8,2)? Поясніть, у який бік (збільшення чи зменшення концентрації іонів Гідрогену) потрібно змістити рН середовища.

### **Методичні рекомендації до організації самостійної / індивідуальної роботи**

1. Генетичний зв'язок між неорганікою, вуглеводнями та амінокислотами. У промисловому синтезі штучних волокон та капрону важливою стадією є отримання амінокапронової кислоти. Складіть рівняння реакцій для ланцюжка перетворень, який показує перехід від найпростішої органіки до амінокислоти:



Поясніть, як за допомогою амоніаку вводять нітрогенвмісну групу в молекулу хлороцтової кислоти.

2. Розрахунки масової частки Нітрогену в білкових гідролізатах методом К'ельдаля. Для визначення вмісту протеїну в кормовій добавці наважку зразка спалюють у концентрованій сульфатній кислоті, перетворюючи весь Нітроген у неорганічну сіль – амоній сульфат. Після обробки лугом виділений амоніак масою 0,34 кг поглинають кислотою. Обчисліть масу (в кг) елемента Нітрогену, що містився у зразку, та, використовуючи стандартний коефіцієнт перерахунку на білок (6,25), визначте загальну масу чистого білка в партії.

3. Амфотерні реакції найпростішої амінокислоти. Запишіть молекулярні рівняння реакцій для амінооцтової кислоти, які підтверджують її подвійну природу, при взаємодії з:

- а) хлоридною кислотою;
- б) розчином натрій гідроксиду.

Назвіть утворені неорганічно-органічні солі.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 15

### Тема: Підсумкова контрольна робота.

**Мета заняття:** Контроль, узагальнення та систематизація знань студентів з теоретичних основ хімії та їхнього практичного застосування у тваринницькій галузі; перевірка вміння аналізувати хімічний склад кормів, сировини, молока та м'яса, оцінювати біохімічні процеси в організмі тварин; оцінка навичок розв'язання технологічних, біохімічних та екологічних кейсів, пов'язаних із виробництвом і переробкою продукції тваринництва.

#### **I. Спеціалізована література: хімія та біохімія у тваринництві й переробці продукції**

1. Мазуренко М. О., Цвіліховський М. І. Біохімія тварин з основами клінічної біохімії : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2019. 412 с.

2. Янович В. Г., Лагута К. В. Фізико-хімічні методи дослідження у тваринництві та ветеринарній медицині : навч. посіб. Львів : Тріада плюс, 2021. 245 с.

3. Вудмаска І. В., Кравців Р. Й. Біохімічні основи формування якості продукції тваринництва : підручник. Львів : Світ, 2018. 320 с.

4. Ткачук Л. О., Повозніков М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : Зволейко Д. Г., 2022. 416 с.

5. Цісарик О. Й., Сливка І. М. Хімія і фізика молока та молочних продуктів : навч. посіб. Львів : Галицька видавнича спілка, 2020. 218 с.

#### **II. Фундаментальна органічна, біоорганічна хімія та хімія біополімерів (білки, ліпіди, вуглеводи)**

6. Мітрясова О. П. Органічна хімія : навч. посіб. Київ : Кондор, 2018. 418 с.

7. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник для вищих навчальних закладів. 4-те вид., стер. Львів : Центр Європи, 2009. 868 с.

8. Губський Ю. І. Біоорганічна хімія : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця : Нова Книга, 2017. 464 с.

9. Ковтун Г. О., Плужников В. О. Хімія високомолекулярних сполук : навч. посіб. Київ : КНТЕУ, 2010. 240 с.

10. Ляховська Н. О. Методичні вказівки до лабораторних занять з органічної хімії для студентів природничих спеціальностей. Умань : УДАУ, 2019. 45 с.

#### **III. Технологія кормів, зоохімічний аналіз та інженерна екологія тваринницьких комплексів**

11. Сичов М. Ю., Вознюк О. В. Годівля тварин та технологія кормів : підручник. Київ : Сталь, 2023. 512 с.

12. Бомко В. С., Бабенко С. П. Зоохімічний аналіз (методи дослідження кормів і продукції тваринництва) : навч. посіб. Біла Церква : БНАУ, 2015. 184 с.

13. Костенко В. І., Шевченко А. М. Технологія первинної переробки продукції тваринництва : підручник. Житомир : Рута, 2017. 396 с.

14. Савицький Д. П., Шкавров А. М. Екологічний моніторинг та безпека життєдіяльності підприємств агропромислового комплексу : монографія. Київ : Наукова думка, 2015. 198 с.

15. Дорош А. К., Мальцев А. П. Промислова токсикологія та екологічна безпека у тваринництві й переробній промисловості : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2018. 210 с.