

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

**ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ  
ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

**із обов'язкової освітньої компоненти**

**ТЕХНІКА ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ  
В ВИЩІЙ ШКОЛІ**

для підготовки здобувачів  
другого (магістерського) рівня вищої освіти

Галузь знань	Е Природничі науки, математика та статистика
Спеціальність	ЕЗ Хімія
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	Хімія з основами викладання
Факультет	Природничий

Автори: доктор філософії з галузі  
01 Освіта/ Педагогіка,  
доцент Євдоченко О.С.;  
доктор педагогічних наук,  
професор Вітвицька С.С.,  
доктор педагогічних наук,  
професор Романишина Л.М.  
Завідувач кафедри \_\_\_\_ Олена АНІЧКІНА

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри хімії  
Протокол від «04» червня 2026 р. № 27

Житомир 2026

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

**Рецензенти:**

**Заблоцька Ольга** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри технології медичної діагностики, реабілітації та здоров'я людини Житомирського медичного інституту Житомирської обласної ради.

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

**Анічкіна Олена** – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Євдоченко О. С., Вітвицька С.С., Романишина Л.М. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Техніка хімічного експерименту в вищій школі: навч.-метод. посіб. для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2026. 125 с.

**УДК 378.147.091.33**

© Євдоченко О. С., 2026

© Вітвицька С.С., 2026

© Романишина Л.М., 2026

© Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2026

## ЗМІСТ

<i>ПЕРЕДМОВА</i>		4
<i>КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ</i>		6
<i>Лабораторна робота №1.</i>	Організація та моделювання сучасного лабораторного простору: методика поєднання класичної техніки та цифрових інструментів у різних видах хімічного експерименту.	9
<i>Лабораторна робота №2.</i>	Техніка основних хімічних операцій: від фільтрування до мікропрепарування речовин в навчальному, демонстраційному та науковому експерименті.	15
<i>Лабораторна робота №3.</i>	Демонстраційний експеримент у темі «Розчини»: поєднання реальних дослідів із віртуальними симуляторами.	24
<i>Лабораторна робота №4.</i>	Демонстраційний експеримент у темі «Окисно-відновні процеси: техніка безпеки при роботі з вибухонебезпечними та самозаймистими сумішами».	37
<i>Лабораторна робота №5.</i>	Використання цифрового моделювання в навчанні хімії.	50
<i>Лабораторна робота №6-7.</i>	Техніка лекційного та навчального експерименту із Загальної хімії: підбір, організація, проведення.	60
<i>Лабораторна робота №8-9.</i>	Техніка лекційного та навчального експерименту із Неорганічної хімії (хімія елементів та їх сполук): підбір, організація, проведення.	73
<i>Лабораторна робота №10-11.</i>	Техніка лекційного та навчального експерименту із Фізичної хімії: підбір, організація, проведення.	88

<i>Лабораторна робота №12.</i>	Техніка лекційного та навчального експерименту із Аналітичної хімії: підбір, організація, проведення.	102
<i>Лабораторна робота №13-14.</i>	Техніка лекційного та навчального експерименту із Органічної хімії: підбір, організація, проведення.	103
<i>Лабораторна робота №15.</i>	ПМКР№ 1	125

## ПЕРЕДМОВА

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять укладено відповідно до вимог підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти, які опановують обов'язкову освітню компоненту «Техніка хімічного експерименту в вищій школі». Навчально-методичний посібник орієнтований на здобувачів вищої освіти галузі знань Природничі науки, математика та статистика, спеціальності Хімія, що навчаються за освітньою програмою «Хімія з основами викладання». Цей курс посідає ключове місце у системі професійної підготовки магістрів, оскільки спрямований на формування вищого рівня експериментальної культури, системного мислення та готовності до самостійної педагогічної та науково-дослідної діяльності у закладах вищої та фахової передвищої освіти.

Метою вивчення цієї освітньої компоненти є поглиблення теоретико-методологічних знань про закономірності перебігу хімічних процесів та формування викладацьких інваріантів у контексті постановки, модернізації та супроводу хімічного експерименту. Навчальна програма інтегрує передові методики класичного та інноваційного аналізу. Практична складова побудована таким чином, щоб майбутні фахівці не лише вдосконалили навички високоточного оперування лабораторним інструментарієм, а й опанували алгоритми організації безпечного безпекового середовища у хімічних лабораторіях з урахуванням сучасних стандартів охорони праці.

Структура кожного лабораторних занять є уніфікованою і побудована за модульно-компетентнісним принципом, що передбачає такі послідовні етапи:

- ✓ вхідний експрес-контроль: актуалізація базових теоретичних положень та перевірка ступеня готовності здобувачів до виконання експериментальної частини;

- ✓ теоретико-методичний брифінг: розв'язання прикладних розрахункових задач, математичне та графічне моделювання хімічних процесів, що досліджуються;

✓ експериментально-дослідницький блок: безпосереднє виконання хімічного експерименту, збір, цифрова фіксація, аналітична та статистична обробка отриманих результатів;

✓ рефлексивно-дидактичний аналіз: інтерпретація результатів у контексті методики викладання хімії, формування методичних рекомендацій для трансформації дослідів у демонстраційний чи навчальний формат.

Особливий акцент у посібнику зміщено на формування інтегральних та фахових компетентностей магістра хімії. Зокрема, аналізується здатність транслювати складні наукові концепції у площину навчального процесу, самостійно проєктувати та вдосконалювати методики хімічного експерименту, інтегрувати елементи STEM-освіти (цифрові вимірювальні комплекси, відеофіксацію) у викладання природничих дисциплін, а також здійснювати експертний контроль за дотриманням правил техніки безпеки.

Контроль навчальних досягнень здобувачів розроблено на засадах прозорості та об'єктивності відповідно до вимог Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи (ECTS). Комплексна оцінка базується на результатах поточного моніторингу (захист лабораторних робіт, тестування), модульних зрізів та підсумкового контролю, що дозволяє диференційовано та всебічно оцінити рівень сформованості професійного профілю майбутнього викладача-дослідника.

## **КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ**

Моніторинг і фіксація навчальних досягнень магістрантів здійснюються відповідно до принципів Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи (ECTS). Методологія та регламент оцінювання регулюються чинним внутрішнім нормативним документом «Положенням про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти ЖДУ ім. Івана Франка».

Комплексний аудит знань та сформованості професійних компетентностей передбачає три рівні діагностики:

**Поточний контроль:** регулярне оцінювання якості підготовки здобувачів, активності та точності виконання експериментальних завдань на кожному аудиторному занятті.

**Модульний контроль:** проміжне узагальнення та інтегральна перевірка ступеня засвоєння матеріалу в межах самостійних змістових блоків (модулів) курсу.

**Підсумковий контроль:** фінальна атестація, що засвідчує загальний рівень володіння компетентностями з освітньої компоненти за весь період її вивчення.

**Регламент виконання академічних зобов'язань:**

Обов'язковою умовою успішної сертифікації з дисципліни є стовідсоткове відпрацювання всіх видів навчальної діяльності, регламентованих силабусом та робочою програмою курсу. Освітній трек магістранта передбачає обов'язкове поєднання:

**Аудиторної роботи:** безпосередня реалізація лабораторного практикуму згідно з алгоритмами та безпековими вимогами інструкцій.

**Позааудиторної (самостійної) роботи:** виконання індивідуальних дослідницьких завдань, опрацювання науково-методичних першоджерел та підготовка звітів відповідно до затверджених рекомендацій.

Лабораторне заняття №	ВКЗ	МБД	ВЕ	МПД	РЕФ	ВІЗ	Сума
	Кількість балів за кожне завдання						
	20	10	30 (20)	20	10	10/-	
ЛАБ 1							
ЛАБ 2							
ЛАБ 3							
ЛАБ 4							
ЛАБ 5							
ЛАБ 6-7							
ЛАБ 8-9							
ЛАБ 10-11							
ЛАБ 12							
ЛАБ 13-14							
ЛАБ 15	100						
	<i>Середнє значення оцінок за модуль</i>						

Умовні позначення: **ВКЗ** – вхідний контроль знань; **МБД** – методичний брифінг та дискусія; **ВЕ** – виконання експериментів; **МПД** – моделювання професійної діяльності; **РЕФ** – рефлексія та підбиття підсумків; **ВІЗ** – виконання індивідуального завдання (в заняттях, відповідно до робочої програми).

## Лабораторне заняття № 1

**Тема:** Організація та моделювання сучасного лабораторного простору: методика поєднання класичної техніки та цифрових інструментів у різних видах хімічного експерименту.

**Мета:** Сформувати систему знань про класифікацію хімічного експерименту; засвоїти принципи раціональної організації та ергономіки сучасного робочого простору хімічної лабораторії; узагальнити знання про класифікацію та призначення лабораторного посуду; вдосконалити навички моделювання лабораторних установок, що інтегрують традиційне обладнання з цифровими вимірювальними приладами; сформувати вміння методично обґрунтовувати вибір інструментарію для досягнення конкретних дидактичних цілей; сформувати здатність організовувати безпечне освітнє середовище; сприяти розвитку дослідницької компетентності та критичного мислення через аналіз переваг і обмежень використання цифрових технологій порівняно з класичними методами хімічного аналізу; подолати психологічний бар'єр перед використанням складного інноваційного обладнання шляхом індивідуалізації практичної діяльності.

### Перелік рекомендованої літератури

1. Анічкіна О. В. Формування вмінь проведення хімічного експерименту в школі майбутніми вчителями природничих дисциплін : дис. ...канд. пед. наук : спец. 13.00.02 - Теорія і методика навчання (з галузей знань). Житомир, 2016. 308 с.
2. Анічкіна О. В., Романишина Л. М. Лисецька, Ю. В. Регламенти та Стандарти ЄС в змісті хімічних дисциплін професійної підготовки майбутніх фахівців. Академічні студії. Серія «Педагогіка». 2023. Вип. 2. С. 3-9.
3. Дубковецька Г. М., Новченкова К. Д. Безпечний хімічний експеримент : метод. посіб. Київ: Мандрівець, 2013. 16 с.
4. Косогін О. В., Лінючева О. В., Мірошніченко Ю. С., Техніка хімічного експерименту. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 387 с.

### План заняття:

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

### **Інструкція до виконання:**

#### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення ергономіки сучасного робочого місця хіміка, де поєднуються витяжні шафи, класичні установки та комп'ютерні інтерфейси для збору даних.*

#### **Контрольні запитання:**

1. Проаналізуйте роль хімічного експерименту як методу наукового пізнання в контексті підготовки магістрів хімії порівняно з його навчальною функцією в закладі загальної середньої освіти та перших років здобуття освіти за першим (бакалаврським) рівнем.

2. Перелічіть критерії вибору обладнання та техніки виконання експерименту, які висуваються при переході від ілюстративного до дослідницького (проблемного) методу навчання.

3. Обґрунтуйте принципи моделювання робочого простору сучасної хімічної лабораторії закладу вищої освіти з урахуванням вимог ергономіки та цифрової трансформації.

4. У чому полягає специфіка методики мікрвикладання при відпрацюванні техніки демонстраційного експерименту з високим емоційним навантаженням?

5. Як інтегрувати високорівневі симуляції (наприклад, Labster) у структуру лабораторного заняття для формування дослідницьких компетентностей здобувачів?

6. Опишіть алгоритм підготовки відеофрагмента складного хімічного досліду: від написання сценарію до методичного супроводу в системі дистанційного навчання.

7. Які етичні та безпекові стандарти мають бути дотримані при проведенні експериментів із самозаймистими та вибухонебезпечними сумішами на лекційних демонстраціях?

8. Проаналізуйте можливості ChatGPT у процесі розробки індивідуальних технік проведення синтезу сполук та аналізу можливих експериментальних помилок.

9. Як здійснити моніторинг та самооцінку сформованості експериментальних умінь під час проходження виробничої педагогічної практики у вищій школі?

*1.2. Виконання тестових завдань (наведених методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.*

### ***Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.***

*2.1. Демонстрація цифрового моделювання: Використання сервісу Chemix для віртуального проектування лабораторної установки перед її реальним збиранням.*

*2.2. Порівняльний аналіз: Обговорення точності вимірювань за допомогою класичних приладів (термометрів, індикаторів) та цифрових датчиків (рН-метрів, датчиків провідності)*

### ***Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання.)***

*Робота здобувачів вищої освіти у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:*

***3.1. Калібрування цифрового датчика температури за допомогою еталонної суміші (лід/вода)***

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** цифровий датчик температури, хімічна склянка (250–500 мл), подрібнений лід виготовлений із дистильованої води,

**Техніка виконання:** подрібніть лід, заповніть хімічну склянку (250–500 мл) подрібненим льодом до самого верху, щоб заповнити порожнечі між крижинками льоду додайте

мінімальну кількість холодної дистильованої води. Ретельно перемішайте суміш скляною паличкою та зачекати 2-3 хвилини для встановлення стабільної температури 0°C у всьому об'ємі. Цифровий термодатчик (або зонд цифрової лабораторії) занурте у центр склянки із сумішшю. Уважно стежте, щоб робоча частина датчика була повністю занурена в лід, але не торкалася стінок або дна посудини (це може призвести до похибки через теплообмін із зовнішнім середовищем). Для прискорення стабілізації показників суміш навколо датчика можна обережно помішувати подрібнений лід. На екрані пристрою (комп'ютера, планшета або дата-логера) спостерігайте за графіком температури. Калібрування проводиться лише тоді, коли значення перестає змінюватися протягом 30-60 секунд. У налаштуваннях програмного забезпечення (наприклад, інтерфейс датчиків Vernier або Pasco) виберіть опцію «Калібрування за однією точкою» (One-point calibration). Поточному показнику датчика (наприклад, +0,4°C) присвоюється еталонне значення 0,0°C. Після підтвердження програма автоматично вносить корекційний коефіцієнт у всі наступні вимірювання. Виконавши калібрування дістаньте датчик, промийте дистильованою водою, повторно занурте у лід для перевірки отриманих результатів. Прилад має миттєво показувати 0,0°C (з урахуванням допустимої похибки приладу).

### ***3.2. Складання установки для титрування.***

Складіть установку для титрування з використанням класичної бюретки та цифрового рН-метра, для цього задалегідь вдома зазначте необхідне обладнання та оснащення для виконання титрування за зазначеними пунктами:

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Техніка виконання титрування:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

**Основні помилки:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності.***

***Мікрвикладання/ рольова гра. Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача та пояснює одногрупникам будову та призначення складної установки***

**4.1. Поясніть будову та принцип роботи апарату Кінпа/ газометра, для цього заздалегідь вдома пригадайте та підготуйтеся до пояснення будови та правил експлуатації обраного приладу:**

**Основні складові апарата Кінпа/ газометра:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Принцип експлуатації:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

**Основні помилки, які можуть траплятись при експлуатації:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

*4.2. Поясніть будову та принцип роботи приладу для перегонки, демонструючи поєднання скляних вузлів для цього заздалегідь вдома пригадайте та підготуйтеся до пояснення:*

**Основні складові приладу для перегонки:** \_\_\_\_\_

**Принцип експлуатації:** \_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись при експлуатації:**

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

- ✓ Калібрування цифрового датчика температури за допомогою еталонної суміші (лід/вода):

---

---

- ✓ Складання установки для титрування:

---

---

- ✓ Поясненні будови та принципів роботи апарату Кіппа:

---

---

- ✓ Поясненні будови та принципів роботи приладу для перегонки:

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Дата виконання:**

**Підпис:**

### **Лабораторне заняття № 2**

**Тема:** Техніка основних хімічних операцій: від фільтрування до мікропрепарування речовин в навчальному, демонстраційному та науковому експерименті.

**Мета:** вдосконалити практичні навички виконання базових хімічних операцій, набути вміння адаптувати їхню техніку залежно від виду експерименту (навчальний, демонстраційний,

науковий) з використанням лабораторного обладнання та оснащення; сформувані здатність впроваджувати мікрометоди при виконанні різних видів експериментів.

### **Перелік рекомендованої літератури**

1. Косогін О. В., Лінючева О. В., Мірошниченко Ю. С., Техніка хімічного експерименту. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 387 с.
2. Кусяк Н. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Загальна хімія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / Н. В. Кусяк. - Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. - 56 с.
3. Кусяк Н. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Неорганічна хімія» : навч.-метод. посіб. для здобув. першого (бакалаврського) рівня вищ. осв. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 74 с.
4. Лабораторний практикум з хімії : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт / [уклад. : Т. М. Тунік, О. В. Медведєва, В. М. Кропівний та ін.] ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. каф. екології та охорони навколишнього середовища. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. - 74 с.
5. Методичні рекомендації до організації самостійної роботи з обов'язкової освітньої компоненти «Неорганічна хімія» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / Уклад.: Н. В. Кусяк, О.Ю. Кичкирук, В. В. Листван, О.В. Ходюк. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. 42 с.

### **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

**Інструкція до виконання:**  
**Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань**

*1.1. Діагностика знань щодо класифікації хімічних операцій та правил ТБ при роботі з нагрівальними приладами*

**Контрольні запитання**

1. У чому полягає дидактична особливість проведення операції нагрівання в демонстраційному експерименті порівняно з лабораторним?
2. Перелічіть критерії вибору фільтрувального матеріалу (паперовий, скляний, мікрофільтр) у науковому дослідженні?
3. Опишіть алгоритм декантації та випадки, коли вона є ефективнішою за фільтрування.
4. Які переваги має мікропрепарування речовин при організації очного та дистанційного навчання хімії?
5. Як забезпечити наочність операції розчинення газів («хімічний фонтан») для великої аудиторії?
6. Поясніть роль «розумового експерименту» при плануванні складних операцій розділення сумішей.
7. Яких правил ТБ слід дотримуватися при мікроекстракції легкозаймистих речовин?
8. Чим відрізняється техніка випарювання досуха від техніки концентрування розчину?
9. Як використовувати цифрові датчики (наприклад, каламутності) для контролю повноти фільтрування?
10. Проаналізуйте помилки, що призводять до розтріскування посуду при прожарюванні речовин.

*1.2. Виконання тестових завдань (наведених методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань щодо класифікації хімічних операцій та правил ТБ при роботі з нагрівальними приладами.*

## **Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.**

2.1. Порівняльний аналіз техніки операцій: схематичність у навчальному експерименті проти точності у науковому.

2.2. Обговорення переваг мікронепарування речовин: економія часу, реактивів та екологізація.

## **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіти у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

### **3.1. Фільтрування звичайне та під вакуумом.**

Порівняння швидкості та чистоти відділення осаду  $BaSO_4$  з використанням звичайної лійки та лійки Бюхнера (або мікронасоса).

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** розчин барій нітрату (барій хлориду), розчин сульфатної кислоти (натрій сульфату), лійка лабораторна, фільтрувальний папір, хімічна склянка або колба Ерленмеєра, лійка Бюхнера, колба Бунзена, водоструминний насос із шлангом.

**Рекомендації до виконання:** приготуйте осад барій сульфату, для цього використайте запропоновані реактиви. Відфільтруйте осад шляхом звичайного фільтрування та фільтруванням під тиском із використанням з водоструминного насосу, для цього складіть установки для фільтрування.

**Основні помилки:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3.2. Мікроекстракція йоду з водного розчину

Демонстрація явища рідинної екстракції (розподілу речовини між двома фазами, що не змішуються) та наочне спостереження за переходом кольору при зміні розчинника.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** «Йодна вода» (насичений водний розчин йоду  $I_2$ , має світло-жовтий або бурий колір); органічний розчинник: гексан, гептан або хлороформ (важливо, щоб він був легшим або важчим за воду, для демонстрації положення фаз; в цьому прикладі використано гексан/гептан, які легші за воду); мікропіпетки або автоматичні дозатори (на 100–1000 мкл); мікропробірки типу Епендорф (об'ємом 1,5 або 2,0 мл). Штатив для мікропробірок.

**Рекомендації до виконання:** Візьміть чисту суху мікропробірку типу Епендорф об'ємом 1,5-2,0 мл та встановіть її у штативі. За допомогою мікропіпетки або автоматичного дозатора внесіть у пробірку 500 мкл (0,5 мл) йодної води. Зверніть увагу на колір розчину: він має характерний жовтувато-коричневий або солом'яний відтінок через утворення гідратів йоду та слабку розчинність йоду у воді. Обережно додайте до цієї ж пробірки 300-500 мкл органічного розчинника (наприклад, гексану або гептану). Оскільки гексан не змішується з водою і має меншу густину ( $0,66 \text{ г/см}^3$ ) він утворює чіткий верхній шар. Щільно закрийте кришечку мікропробірки. Обережно, але інтенсивно струшуйте пробірку протягом 30-40 секунд або використайте лабораторний вортекс (міксер) протягом 10-15 секунд. Струшування необхідне для збільшення площі контакту між двома фазами, що дозволяє молекулам йоду дифундувати з водної фази в органічну. Встановіть пробірку назад у штатив і зачекайте 1-2 хвилини до повного розділення шарів рідини. Якщо утворилася стійка емульсія, пробірку можна відцентрифугувати протягом 30 секунд. Візуально оцініть зміни кольору, що відбулися в обох фазах

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

#### ***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент, пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

#### ***4.1. Фракційна кристалізація суміші солей калій нітрату та натрій хлориду із використанням цифрового термодатчика.***

Розділення суміші двох розчинних у воді солей методом фракційної кристалізації на основі аналізу їхніх кривих розчинності; фіксація точки початку кристалізації за допомогою цифрового датчика температури, аналіз зміни температури системи в процесі фазового переходу.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** Цифрова лабораторія з датчиком температури (термопара чи платиновий термодатчик), хімічні склянки об'ємом 100 мл та 250 мл, нагрівальна плітка (або магнітна мішалка з підігрівом); скляна паличка для перемішування; промивалка з дистильованою водою; фільтрувальний папір та лійка (для подальшого розділення, за потреби); лід або холодна вода (для створення водяної бані); калій нітрат кристалічний, натрій хлорид кристалічний, дистильована вода.

Експеримент базується на різній температурній залежності розчинності солей. При 100°C розчинність  $KNO_3$  становить близько 240 г на 100 г води, а при 20°C – лише 32 г. У той же час розчинність  $NaCl$  змінюється незначно: від 39 г при 100°C до 36 г при 20°C. При охолодженні насиченого розчину обох солей калій нітрат активно кристалізується, тоді як натрі хлорид залишається в розчині.

**Рекомендації до виконання:** Зважте на технохімічних вагах 20 г калій нітрату та 5 г натрій хлориду. Ретельно перемішайте солі у сухому хімічному стакані об'ємом 100 мл. Мірним циліндром відміряйте 25 мл дистильованої води і додайте її до суміші солей. Помістіть стакан на нагрівальну плитку. Постійно перемішуючи скляною паличкою, підігрійте суміш до температури приблизно 80-90°C до повного розчинення обох солей. Розчин має стати повністю прозорим.

Підключіть датчик температури до реєстратора даних (комп'ютера або планшета). Налаштуйте програмне забезпечення на запис параметрів у режимі реального часу: частота вимірювань – 1 замірювання на секунду (1 Гц), тривалість запису – 10-15 хвилин. Виведіть на екран графік залежності температури від часу:  $T = f(t)$ .

Зніміть стакан з гарячим розчином з плитки (використовуючи тримач або термостійкі рукавички) і занурте в нього датчик температури так, щоб його робоча частина була повністю в розчині, але не торкалася дна чи стінок стакана. Запустіть запис даних у програмі. Перенесіть стакан у більший стакан (250 мл) з холодною водою або сумішшю води та льоду (охолоджувальна баня) для інтенсифікації процесу. Безперервно і плавно помішуйте розчин датчиком температури або скляною паличкою. Уважно стежте за розчином та графіком на екрані. Щойно в розчині з'являться перші дрібні голчасті кристали (це кристалізується калій нітрат), натисніть кнопку фіксації мітки (маркера) у програмі або запишіть точний час. На графіку охолодження в цей момент спостерігатиметься зміна кута нахилу кривої (плато або характерний злам). Це пов'язано з виділенням прихованої теплоти кристалізації екзотермічного процесу, яка тимчасово уповільнює швидкість охолодження розчину. Продовжуйте охолодження до температури близько 15-20°C. Весь цей час спостерігатиметься активне утворення білих кристалів калій нітрату, тоді як кухонна сіль залишатиметься в маточному розчині.

Зупиніть запис даних. Вийміть датчик, промийте його дистильованою водою. Отриману суспензію кристалів швидко

відфільтруйте (бажано на лійці Бюхнера під вакуумом, щоб максимально відокремити маточний розчин, який містить розчинений натрій хлорид). Кристали на фільтрі промийте кількома мілілітрами крижаної дистильованої води та залиште висихати.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

#### **4.2. Термічний розклад купрум(II) гідроксиду (мікрометод)**

Дослідження хімічних властивостей нерозчинних основ на прикладі купрум(II) гідроксиду, засвоєння техніки безпечного нагрівання речовин у мікрооб'ємах та фіксація ознак перебігу хімічної реакції за зміною кольору фаз.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** Мікропробірки хімічні (тонкостінні, скляні, довжиною 40-50 мм та діаметром 6-8 мм), пробіркотримач відповідного мікророзміру (або дерев'яна притискачка/пінцет із фіксатором); спиртівка (або сухе пальне), сірники або п'єзо запальничка; очна піпетка або мікродозатор (для промивання осаду), фільтрувальний папір (смужки); свіжоодержаний купрум(II) гідроксид у вигляді вологого осаду (отримують безпосередньо перед дослідом взаємодією розчинів купрум(II) сульфату та натрій гідроксиду у співвідношенні, близькому до стехіометричного), дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:** Для досліду використовуйте лише свіжоодержаний купрум(II) гідроксид, оскільки при тривалому

зберіганні навіть за кімнатної температури він може частково зневоднюватися. За допомогою скляної палички або мікрошпателя перенесіть мінімальну кількість вологого осаду купрум гідроксиду (об'ємом приблизно з горошину чорного перцю або сірникову головку) на дно тонкостінної мікропробірки. Стінки мікропробірки вище рівня осаду повинні залишатися абсолютно чистими. Якщо на них потрапив осад, витріть його згорнутим у трубочку шматочком фільтрувального паперу. Закріпіть мікропробірку з осадом у пробіркотримачі у верхній третині (ближче до отвору). Запаліть спиртівку. Поверніть мікропробірку отвором у бік від себе та інших учасників. Кут нахилу пробірки до площини стола має становити приблизно 45°. Уже за кілька секунд прогрівання яскраво-блакитний (або зеленкувато-блакитний) колір осаду починає темніти, переходячи спочатку в бурий, а потім у насичений глибокий чорний колір. Це свідчить про утворення купрум(II) оксиду. Одночасно з цим на холодніших стінках мікропробірки (ближче до отвору) з'являються дрібні прозорі краплі конденсованої води. Припиніть нагрівання, як тільки вся маса осаду змінить колір на чорний, щоб уникнути перегріву скла. Перенесіть пробірку в штатив для повного охолодження.

**Основні помилки, які можуть траплятися при експлуатації:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

### ***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ Фільтрування звичайного та під вакуумом:

---

---

---

✓ Мікроекстракції йоду з водного розчину:

---

---

---

✓ Фракційної кристалізації суміші солей калій нітрату та натрій хлориду із використанням цифрового термодатчика:

---

---

---

✓ Термічного розкладу купрум(II) гідроксиду (мікрометодом):

---

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

---

---

**Дата виконання:**

**Підпис:**

### **Лабораторне заняття №3**

**Тема:** Демонстраційний експеримент у темі «Розчини»: поєднання реальних дослідів із віртуальними симуляторами.

**Мета:** Сформувані професійні вміння здобувачів моделювати освітнє середовище через інтеграцію натурального хімічного експерименту та віртуальних симуляцій для візуалізації процесів у розчинах

## Перелік рекомендованої літератури

1. Chemix: online editor for drawing science lab diagrams and school experiment apparatus. URL: <https://chemix.org/> (дата звернення: 01.06.2026).
2. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. URL: <https://phet.colorado.edu/> (дата звернення: 01.06.2026).
3. Камінський О. М., Чайка М. В., Денисюк Р. О., Чумак В. В., Панасюк Д. Ю. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Фізична хімія»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 115 с.
4. Косогін О. В., Лінючева О. В., Мірошніченко Ю. С., Техніка хімічного експерименту. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. 387 с.
5. Кусяк Н. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Неорганічна хімія» : навч.-метод. посіб. для здобув. першого (бакалаврського) рівня вищ. осв. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 74 с.
6. Лабораторний практикум з фізичної хімії для студентів хімічного факультету / Упорядн. В. К. Яцимирський, Б. В. Єременко, В. С. Судаєва, О. А. Белобородова, В. П. Казиміров, В. Я. Забуга, Д. А. Стахов, О. В. Іщенко, В. Л. Бударін, Л. П. Олексенко, М. Л. Малишева. - К.: ВЦ "Київський університет". 1999. - 148 с.

## План заняття:

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.

## 5. Рефлексія та підбиття підсумків.

### **Інструкція до виконання:**

#### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення можливостей поєднання реальних дослідів із віртуальними симуляторами під час виконання демонстраційних та навчальних експериментів у темі «Розчини».*

#### **Контрольні запитання:**

1. У чому полягає дидактична особливість демонстрації теплових явищ при розчиненні порівняно з простим змішуванням речовин?
2. Які критерії вибору між реальним дослідом та симулятором PhET при поясненні процесу дисоціації?
3. Як забезпечити зовнішню виразність та наочність при демонструванні пересичених розчинів у великій аудиторії?
4. Опишіть алгоритм підготовки та перевірки надійності приладу для перевірки електропровідності розчинів.
5. Які переваги дає використання симулятора «Molarity» для формування навичок розрахунку концентрації?
6. Поясніть роль «розумового експерименту» перед початком реального синтезу комплексної сполуки.
7. Яких правил ТБ слід дотримуватися при роботі з концентрованою сульфатною кислотою під час приготування розчинів?
8. Чим відрізняється техніка проведення дослідів з дифузії в рідинах від дифузії в газах щодо тривалості та умов спостереження?
9. Як інтегрувати цифрові форми (Google Forms) для миттєвої фіксації спостережень учнями під час демонстрації?
10. Проаналізуйте методичні помилки вчителя, що можуть призвести до втрати інтересу учнів під час тривалих дослідів із розчинами.

*1.2. Виконання тестових завдань (наведених методичних матеріалах до організації самостійної /*

індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.

### **Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.**

2.1. Обговорення дидактичних переваг симуляторів (PhET Colorado) для візуалізації мікросвіту, який неможливо побачити в реальному досліді.

2.2. Аналіз емоційного впливу «ефектних» дослідів із розчинами на мотивацію учнів

### **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіти у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### **3.1. Ендотермічне розчинення амоній нітрату у воді (реальний експеримент)**

Демонстрація ендотермічного процесу (розчинення солі, що супроводжується поглинанням теплоти та зниженням температури розчину), фіксація теплових ефектів хіміко-фізичних процесів.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** Хімічна склянка (місткістю 500 мл), демонстраційний термометр (рідинний або електронний датчик температури з виведенням на екран), скляна паличка з гумовим наконечником (або магнітна мішалка), технічні ваги, мірний циліндр (місткістю 200–250 мл), порцелянова ложка або шпатель, амоній нітрат кристалічний 50 г, дистильована вода кімнатної температури.

**Рекомендації до виконання:** мірним циліндром відміряйте 200 мл дистильованої води та перелийте її у хімічну склянку місткістю 500 мл. Опустіть у воду термометр (або датчик температури) так, щоб його резервуар був повністю занурений у рідину, але не торкався дна чи стінок склянки. Витримайте термометр у воді 1-2 хвилини, після чого запишіть початкову температуру води ( $t_1$ , °C). На технічних вагах зважте наважку амоній нітрату масою 50 г. Одномоментно й акуратно висипте всю наважку солі у стакан з водою. Безперервно стежте

за показами термометра в процесі розчинення солі. Зафіксуйте найнижчу температуру, яку покаже прилад у момент повного або майже повного розчинення кристалів ( $t_2$ , °C). Примітка: Зниження температури буде дуже помітним (зазвичай на 15-20°C від початкової, аж до значень близьких до 0°C). Для наочності можна запропонувати здобувачам вищої освіти торкнутися зовнішньої стінки стакана (вона покривається вологою, конденсатом і буде крижаною на дотик). Одразу почніть інтенсивно перемішувати вміст стакана за допомогою скляної палички (або увімкніть магнітну мішалку), намагаючись не зачіпати термометр. Заповніть таблицю після виконання експерименту:

Параметр	Значення, °C
Початкова температура води $t_1$	
Кінцева (мінімальна) температура розчину $t_2$	
Зміна температури $\Delta t = t_2 - t_1$	

Щоб ефект був максимальним, воду перед дослідом не варто охолоджувати, краще брати саме кімнатної температури (20 °C), тоді зниження температури «перейде» через 5°C і навіть 0°C. Якщо поставити стакан на мокру дерев'яну підставку (або картон), через сильне охолодження стакан може примерзнути до неї.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---



---



---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---



---



---

### ***3.2. Приготування та миттєва кристалізація пересиченого розчину натрій ацетату (реальний експеримент)***

Ознайомлення із поняттям пересиченого (метастабільного) розчину, термодинамічними умовами його існування та процесом ініціювання фазового переходу (кристалізації), що супроводжується екзотермічним ефектом.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** Конічна або круглодонна колба (місткістю 250 мл), хімічна склянка (місткістю 400–500 мл) або каструля для водяної бані, електроплитка (або лабораторний пальник із триногою та азбестованою сіткою), скляна паличка, годинникове скло (або чашка Петрі) для прикривання колби, ваги, мірний циліндр (місткістю 10–25 мл); Натрій ацетат тригідрат кристалічний 100 г, дистильована вода 10-12 мл.

**Рекомендації до виконання:** зважте 100 г натрій ацетату тригідрату та перенесіть його в чисту, ретельно вимиту конічну колбу місткістю 250 мл. Додайте до солі 10-12 мл дистильованої води (сіль містить власну кристалізаційну воду, тому сторонньої вологи потрібен мінімум). Помістіть колбу на киплячу водяну баню. Періодично обережно помішуйте зміст склянкою паличкою. Нагрівайте суміш до повного розчинення всіх кристалів і отримання абсолютно прозорого, однорідного сиропоподібного розчину. **Важливо:** переконайтеся, що на стінках колби вище рівня рідини не залишилося жодної залишкової крупинки нерозчиненої солі, оскільки вони можуть спровокувати передчасну кристалізацію. Якщо кристали залишилися, змийте їх кількома краплями гарячої дистильованої води.

Зніміть колбу з водяної бані, одразу накрийте її годинниковим склом (або чистою чашкою Петрі), щоб запобігти потраплянню пилу з повітря та випаровуванню води. Залиште колбу нерухомо охолоджуватися до кімнатної температури (близько 20-25 °С). Під час охолодження колбу категорично заборонено струшувати, переносити або торкатися розчину внутрішніми предметами. Коли розчин повністю охолоне,

зніміть годинникове скло. Кінчиком скляної палички торкніться сухого кристалика натрій ацетату (взятого з банки з реактивом) і занурте паличку із цим «зароком» (центром кристалізації) у центр розчину. Розчин має залишатися рідким і прозорим. Від кристалика-зародка миттєво в усі боки почнуть розростатися голчасті кристали. Протягом кількох секунд увесь об'єм рідкого розчину перетвориться на суцільну білу кристалічну масу («гарячий лід»). Обережно торкніться долонею зовнішньої стінки колби. Вона стане дуже гарячою.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

#### ***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

#### ***4.1. Електропровідність розчинів та її візуалізація за допомогою цифрових симуляцій (змішаний експеримент)***

Експериментальне дослідження здатності різних речовин та їхніх розчинів проводити електричний струм; візуалізувати процеси електролітичної дисоціації та розчинення на мікрорівні за допомогою інтерактивної симуляції PhET.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** Прилад для перевірки електропровідності розчинів (з сигнальною лампою або амперметром), хімічні склянки (місткістю 100 або 150 мл) 3 шт., скляна паличка 2 шт., промивалка з дистильованою водою, фільтрувальний папір, мультимедійне обладнання (ноутбук,

проектор або інтерактивна дошка) з доступом до інтернету; натрій хлорид кристалічний, цукор кристалічна, дистильована вода, цифровий ресурс: симулятор PhET «Sugar and Salt Solutions» (розчини цукру та солі).

**Рекомендації до виконання:** *Частина 1. Реальний хімічний експеримент.* У першу хімічну склянку налийте 50 мл дистильованої води. У другу хімічну склянку налийте 50 мл дистильованої води та розчиніть у ній 1 чайну ложку (приблизно 5 г) натрій хлориду, ретельно перемішайте скляною паличкою до повного розчинення. У третю хімічну склянку налийте 50 мл дистильованої води та розчиніть у ній 1 чайну ложку сахарози, ретельно перемішайте іншою скляною паличкою. Опустіть електроди приладу для перевірки провідності у першу склянку з дистильованою водою. Увімкніть прилад у мережу. Зверніть увагу на сигнальну лампу (вона не світиться). Вимкніть прилад. *Важливо:* перед кожним наступним зануренням ретельно промийте електроди дистильованою водою з промивалки та осушіть їх фільтрувальним папером, щоб уникнути перенесення речовин. Опустіть електроди у другу склянку (з розчином натрій хлориду). Увімкніть прилад. Спостерігайте за яскравим світінням лампи. Вимкніть прилад, промийте та осушіть електроди. Опустіть електроди у третю склянку (розчин цукру). Увімкніть прилад. Лампа не світиться. Вимкніть прилад.

*Частина 2. Візуалізація та мікромодельовання (PhET симуляція).* Для пояснення причин відмінності в електропровідності викладач демонструє на екрані (або здобувачі вищої освіти відкривають самостійно на гаджетах) симуляцію PhET. Вкладка «Макро» (Macro): видно віртуальний аналог реального досліду. За допомогою віртуального солеміра/кондуктометра вони перевіряють провідність чистої води, а потім по черзі додають сіль та цукор, спостерігаючи, як замикається електричне коло. Вкладка «Мікро» (Micro): можна спостерігати моделювання розчинення солі: у симуляції додають натрій хлорид. Спостерігайте, як тривимірна кристалічна ґратка натрій хлориду під дією молекул води руйнується, а іони  $\text{Na}^+$  та  $\text{Cl}^-$  рівномірно розподіляються в об'ємі, стаючи рухливими

носіями заряду. Моделювання розчинення цукру: у симуляції додають сахарозу. Видно, що під час розчинення від кристалу відокремлюються окремі великі молекули цукру сахарози, які не розпадаються на заряджені частинки (іони), а залишаються електронейтральними.

Після виконання експерименту заповніть таблицю:

Досліджувана система	Поведінка лампи (світиться / ні)	Тип хімічного зв'язку в речовині	Частинки у розчині (іони чи молекули)	Роль системи (електроліт / неелектроліт)
Дистильована вода				
Розчин натрій хлориду				
Розчин цукру				

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---



---



---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---



---



---

#### **4.2. Дифузія в розчинах (рідинах) (реальний експеримент)**

Експериментальне доведення руху молекул та іонів у рідкому середовищі; демонстрація явища самочинної дифузії речовин, а також візуалізація межі дифузійного проникнення за допомогою колірних та аналітичних ефектів (реакцій комплексоутворення, нейтралізації та обміну).

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** скляні циліндри з покривним склом (місткістю 0,5-1,0 л, висотою близько 30 см, діаметром 3-6 см) 5 шт., ділильна воронка (крапельна лійка), бажано циліндрична, місткістю 100-150 мл, забезпечена довгою тонкою скляною трубкою (близько 40 см) з відтягнутим капілярним кінцем, високий лабораторний штатив із кільцем, білий екран або смужки білого щільного паперу (шириною 10 см, довжиною 40 см) для покращення візуалізації меж, дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:** *Щоб отримати чітку, неперемішану межу розділу між двома рідинами, використовують метод нижнього підливання важчого розчину:* Закріпіть ділильну воронку в кільці штатива. Трубка воронки повинна опускатися вертикально вниз і майже торкатися дна демонстраційного скляного циліндра. Спочатку у скляний циліндр до половини його об'єму наливають верхній (легший або менш концентрований) розчин чи дистильовану воду. Щоб усередині трубки ділильної воронки не залишилося повітряного міхура, її заздалегідь заповнюють невеликою кількістю легшої рідини (наприклад, дистильованої води) шляхом обережного всмоктування через верхній отвір при відкритому крані, після чого кран перекривають. У воронку наливають нижній (важчий, більш концентрований або штучно обважнений) кольоровий розчин. Обережно і дуже повільно відкривають кран ділильної воронки. Важкий розчин починає повільно виходити знизу, піднімаючи легший розчин угору без турбулентного перемішування. Після заповнення циліндра наполовину другим розчином кран перекривають, а воронку з трубкою надзвичайно обережно й плавно виймають із циліндра. Циліндр закривають покривним склом. Позаду нього встановлюють білий екран. Спочатку спостерігають дві різко розмежовані зони. З перебігом часу (від кількох годин до кількох тижнів) межа розділу розмивається через дифузю.

*Залежно від навчальної мети, оберіть один або кілька варіантів хімічних систем:*

**Варіант 1. Класична фізична дифузія** (система «мідний купорос – вода»)

Верхній шар – дистильована вода, нижній шар – концентрований розчин купрум(II) сульфату (з додаванням кристалогідрату натрій сульфату для створення більшої густини). *Ефект:* Спочатку спостерігається різка межа між безбарвною водою та синім розчином солі Купруму. Через кілька тижнів забарвлення рівномірно розподіляється по всьому об'єму.

**Варіант 2. Дифузія з утворенням яскравого аміаку**

Верхній шар – розведений розчин амоній гідроксиду, нижній шар – інтенсивно-синій розчин комплексної солі — тетраамінкупрум(II) сульфату  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ . Приготування нижнього шару: до розчину купрум(II) сульфату краплями додають розчин амоній гідроксиду. Спочатку випадає зеленуватий осад основної солі  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$ , який при подальшому додаванні надлишку розчину амоній гідроксиду розчиняється з утворенням глибокого синьо-фіолетового розчину комплексу. *Ефект:* Наочна демонстрація вирівнювання концентрацій за рахунок руху комплексного іона  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

**Варіант 3. Хімічна візуалізація дифузії на межі** (утворення ферум(III) роданіду)

Верхній шар – розведений розчин амоній роданіду  $\text{NH}_4\text{SCN}$  або калій роданіду  $\text{KSCN}$ , нижній шар – розчин ферум(III) хлориду  $\text{FeCl}_3$  (з додаванням надлишку натрій хлориду або кальцій хлориду). *Ефект:* у момент контакту розчинів на межі розділу миттєво відбувається аналітична реакція комплексоутворення з появою тонкого інтенсивно-червоного шару ферум(III) роданіду. З часом, у міру взаємної дифузії іонів  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{CNS}^-$ , цей червоний «пояс» поступово розширюється в обидва боки (вгору і вниз).

**Варіант 4. Індикаторна візуалізація в лужному середовищі**

Верхній шар – розчин натрій карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , нижній шар – концентрований розчин сахарози (цукру), до якого додано кілька крапель 1%-го спиртового розчину фенолфталеїну. *Ефект:* Спочатку обидва шари безбарвні (оскільки цукровий сироп з індикатором має нейтральне середовище). У процесі дифузії іони  $\text{CO}_3^{2-}$  за рахунок гідролізу створюють лужне

середовище і, дифундуючи в нижній шар, забарвлюють фенолфталеїн у яскраво-рожевий (малиновий) колір. Межа забарвлення поступово просувається донизу.

**Варіант 5. Дифузія з утворенням комплексного кобальт роданіду**

Верхній шар – розчин кобальт(II) хлориду або кобальт(II) нітрату, нижній шар – концентрований розчин амоній роданіду або калій роданіду. *Ефект:* Аналогічно до варіанта №3, на межі двох розчинів утворюється тонкий забарвлений шар комплексної сполуки синього кольору –  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4]$ . У міру дифузії іонів синя смуга стає ширшою, демонструючи швидкість переміщення частинок.

Після виконання експерименту виконайте завдання:

1. Наведіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння хімічних реакцій, що відбуваються на межі розділу фаз у варіантах 3, 4 та 5.

---

---

---

2. Поясніть з точки зору кінетичної теорії, чому процес дифузії в рідинах відбувається значно повільніше, ніж у газах, і які чинники (наприклад, температура) можуть його прискорити.

3. Опишіть характер зміни чіткості межі розділу через 24 години, 48 годин та 1 тиждень спостережень. Отримані результати занесіть до таблиці:

Тривалість експерименту	Спостереження
24 години	
48 годин	
1 тиждень	

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ Ендотермічного розчинення амоній нітрату у воді

---

---

---

✓ Приготування та кристалізації пересиченого розчину натрій ацетату:

---

---

---

✓ Демонстрації електропровідності розчинів та її візуалізації за допомогою цифрових симуляцій:

---

---

---

✓ Демонстрації дифузії в розчинах (рідинах):

---

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

---

Дата виконання:

Підпис:

### Лабораторне заняття №4

**Тема:** Демонстраційний експеримент у темі «Окисно-відновні процеси: техніка безпеки при роботі з вибухонебезпечними та самозаймистими сумішами».

**Мета:** Сформувати у магістрантів систему професійних умінь щодо планування, методичного обґрунтування та безпечного проведення складних ОВР-експериментів, що супроводжуються вибухами або самозайманням, із використанням сучасних засобів захисту та цифрової фіксації результатів.

### Перелік рекомендованої літератури

1. Анічкіна О., Авдєєва О., Євдоченко О., Камінський О., Писаренко С., Чумак В. Хімічний експеримент у школі та вдома : навч. посіб. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 386 с. : іл.
2. Камінський О. М., Чайка М. В., Денисюк Р. О., Чумак В. В., Панасюк Д. Ю. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Фізична хімія»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 115 с.
3. Косогін О. В., Лінючева О. В., Мірошниченко Ю. С., Техніка хімічного експерименту. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 387 с.
4. Кусяк Н. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Неорганічна хімія» : навч.-метод. посіб. для здобув. першого (бакалаврського) рівня вищ. осв. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 74 с.

5. Лабораторний практикум з фізичної хімії для студентів хімічного факультету / Упорядн. В. К. Яцимирський, Б. В. Єременко, В. С. Судацова, О. А. Белобородова, В. П. Казиміров, В. Я. Забуга, Д. А. Стахов, О. В. Іщенко, В. Л. Бударін, Л. П. Олексенко, М. Л. Малишева. - К.: ВЦ "Київський університет". 1999. - 148 с.

### **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

### **Інструкція до виконання:**

#### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Діагностика знань про термодинамічні умови проходження реакцій горіння та стандарти щодо аналізу ризиків для людей і довкілля; обговорення специфіки підбору демонстраційних експериментів у темі «Окисно-відновні процеси: техніка безпеки при роботі з вибухонебезпечними та самозаймистими сумішами»*

#### **Контрольні запитання:**

2. Які критерії вибору демонстраційного посуду для реакцій, що супроводжуються потужним виділенням світла (наприклад, горіння магнію)?
3. Обґрунтуйте необхідність попередньої перевірки реактивів перед демонстрацією вибухонебезпечних процесів.
4. У чому полягає різниця в організації ТБ між лабораторним та лекційним ОВР-експериментом?
5. Яких правил слід дотримуватися при добуванні та збиранні газів, що утворюють вибухові суміші з повітрям?

6. Яку роль відіграє «розумовий експеримент» при розрахунку безпечних доз бертолетової солі в сумішах?
7. Як забезпечити наочність горіння речовин у кисні для великої аудиторії (використання екранів, фонів)?
8. Які вимоги щодо активного збереження довкілля слід врахувати при демонстрації дослідів із виділенням отруйних продуктів (наприклад,  $\text{NO}_2$  або  $\text{SO}_2$ )?
9. Як інтегрувати відеоексперимент у дистанційне заняття, якщо реальна демонстрація є занадто небезпечною для зйомки в домашніх умовах?
10. Проаналізуйте методичні переваги використання симуляторів (наприклад, PhET) перед проведенням реального вибуху.

*1.2. Виконання тестових завдань (наведених методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.*

### ***Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.***

*2.1. Обговорення методик використання «ефектних» дослідів як когнітивного мотиву для здобувачів вищої освіти.*

*2.2. Аналіз специфіки роботи з пірофорними металами та вибуховими газовими сумішами в умовах лекційної аудиторії.*

*2.3. Обговорення можливостей використання ІІІ для прогнозування критичних точок реакції та створення «цифрових інструкцій» із техніки безпеки.*

### ***Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).***

*Робота здобувачів вищої освіт у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:*

***3.1. Самозаймання горючих рідин (скипидару, спирту) під дією нітрувальної суміші***

Демонстрація критичної небезпеки сумісного зберігання або випадкового контакту сильних окиснювачів з органічними

відновниками; вивчення явища самозаймання та теплового вибуху на прикладі швидкісних окисно-відновних процесів.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** велика товстостінна хімічна склянка (або захисний скляний циліндр), порцелянова чашка (мала), піпетки (довгі, скляні) 3 шт., лабораторний штатив, захисний екран (оргскло), кусок азбестового картону (або термостійка плитка), прожарений кварцовий пісок; нітратна кислота концентрована ( $\rho = 1,48\text{г/см}^3$ ), сульфатна кислота концентрована ( $\rho = 1,84\text{г/см}^3$ ), скипидар (свіжий), етиловий спирт (безводний, абсолютний).

**Увага!** Дослід проводиться виключно у справній витяжній шафі за зачиненими захисними дверцятами. Наявність захисного екрана між приладом та глядачами є обов'язковою. Демонстратор повинен бути у захисному щитку для обличчя та важких кислотостійких рукавичках.

**Рекомендації до виконання:** На азбестовий картон у витяжній шафі встановіть велику товстостінну хімічну склянку. На дно склянки насипте шар кварцового піску шаром 2-3 см. На пісок акуратно встановіть порцелянову чашку. У порцелянову чашку за допомогою окремих піпеток обережно внесіть рівні об'єми концентрованої нітратної та сульфатної кислот (наприклад, по 2-3 мл). Сульфатна кислота тут виступає не лише як водовідбірний засіб, а й як каталізатор та речовина, що різко підвищує окиснювальний потенціал системи.

*Взаємодія зі скипидаром:* Наберіть у чисту суху піпетку невелику кількість скипидару. Тримаючи руку за захисним екраном, обережно, по краплях додайте скипидар до суміші кислот у порцеляновій чашці. Реакція протікає миттєво й бурхливо, з характерним спалахом (мікробибухом) та утворенням яскравого полум'я. Процес супроводжується виділенням величезної кількості чорної сажі (вуглецю) та бурих парів оксидів азоту.

*Взаємодія з безводним спиртом:* Дослід повторюють у заново підготовленій системі, але замість скипидару до суміші кислот по краплях додають безводний етиловий спирт. Реакція

також має вибуховий характер із самозайманням парів спирту та утворених етерів.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

### **3.2. Фотохімічний вибух суміші хлору з воднем (ланцюгова ОВР)**

Демонстрування механізму ініціювання вільнорадикальної ланцюгової реакції під дією квантів світла (фотохімічний процес), вивчення кінетичної особливості вибухових окисно-відновних процесів.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** Товстостінний скляний або пластиковий (з полікарбонату) демонстраційний циліндр (місткістю 250-500 мл), джерело інтенсивного світла: сучасний потужний фотоспалах (електронний), лазерний світлодіодний опромінювач або магнієва стрічка (традиційний варіант), лабораторний штатив із лапкою, захисний екран з ударостійкого органічного скла (полікарбонату), газометри або апарати Кіппа для отримання водню та хлору, тонка поліетиленова або целофанова плівка, еластичне гумове кільце (або скотч) для герметизації, чорний світлонепроникний чохол (із цупкої тканини або картону); хлор сухий (отримують взаємодією  $\text{KMnO}_4$  або  $\text{MnO}_2$  з концентрованою хлоридною кислотою, водень з апарата Кіппа.

**Рекомендації до виконання:** *Увага!* отримання та змішування газів проводять при мінімальному (слабкому, розсіяному) освітленні. Пряме сонячне світло або яскрава люмінесцентна

лампа спровокують передчасний вибух! Товстостінний циліндр заповнюють сухими газами методом витіснення повітря або води (залежно від конструкції газометрів) у строгому об'ємному співвідношенні 1:1 (рівні частини водню та хлору). Отвір циліндра миттєво накривають тонкою плівкою і щільно герметизують по периметру гумовим кільцем або скотчем. Плівка виконує роль «запобіжного клапана», під час вибуху вона легко розривається, скидаючи тиск і запобігаючи руйнуванню скла. На циліндр одразу надягають чорний світлонепроникний чохол. У такому стані суміш газів є метастабільною і може зберігатися деякий час.

Циліндр у чорному чохлі закріплюють у лапці лабораторного штатива на демонстраційному столі. Перед циліндром обов'язково встановлюють захисний екран. Направляють джерело інтенсивного світла (наприклад, імпульсний фотоспалах) безпосередньо на циліндр з відстані 10-15 см. Швидким рухом знімають чорний чохол і миттєво здійснюють спалах світла. У момент спалаху суміш газів вибухає з характерним різким звуком (хлопком). Плівка розривається, а всередині циліндра зникає жовто-зелене забарвлення хлору і з'являється легкий туман утвореного гідроген хлориду

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

#### ***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

#### **4.1. Гетерогенний каталіз на прикладі окиснення амоніаку («Зоряний дощ»)**

Дослідження дії гетерогенного каталізатора на швидкість хімічної реакції; дослідження екзотермічного характеру ОВР; ознайомлення із промисловим принципом отримання нітратної кислоти (окиснення амоніаку).

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** конічна колба (місткістю 500 мл, бажано з широким горлом), металічна ложечка для спалювання речовин (із довгою ручкою), лабораторний пальник, скляна паличка, захисні окуляри; концентрований водний розчин амоніаку (25% 20-30 мл, Хром(III) оксид – сухий порошок 1-2 г, кисень (необов'язково, але для посилення ефекту можна заздалегідь наповнити колбу киснем з газометра на 1/3 об'єму).

**Рекомендації до виконання:** у чисту конічну колбу місткістю 500 мл налейте 20-30 мл концентрованого розчину амоніаку. Круговими рухами обережно збовтайте розчин у колбі протягом 1-2 хвилин. Це необхідно для того, щоб вільний простір колби повністю заповнився газуватим амоніаком, який інтенсивно виділяється з розчину. За кімнатної температури амоніак виділяється добре, але якщо в лабораторії прохолодно, колбу з розчином можна злегка підігріти на водяній бані до 30-40°C.

У металеву ложечку для спалювання речовин насипте невелику наважку порошку хром(III) оксиду. Внесіть ложечку з порошком у полум'я пальника. Нагрівайте її доти, доки верхні частинки темно-зеленого оксиду хрому не розжаряться (почнуть злегка світитися червонуватим кольором). Швидким, акуратним рухом перенесіть ложечку з розжареним каталізатором у конічну колбу з амоніаком, зануливши її орієнтовно на середину висоти судини. Категорично заборонено занурювати ложечку в сам рідкий розчин! На поверхні зеленого порошку Хром(III) оксиду миттєво починається бурхлива реакція. Частинки оксиду хрому розжарюються до яскраво-червоного кольору і під дією конвекційних потоків газу починають розлітатися в різні боки всередині колби, нагадуючи мініатюрний вогняний «зоряний дощ» або феєрверк. Розжарення не згасає, а підтримується

самочинно за рахунок тепла самої реакції. Через деякий час у просторі колби над рідиною з'являється слабкий бурий туман (ознака утворення Нітроген (IV) оксиду).

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

#### ***4.2. Вибух гримучого газу (суміш водню та кисню)***

Демонстрування механізму розгалужених ланцюгових реакцій, екзотермічний характер синтезу води з простих речовин, дослідження стехіометричних закономірностей вибухонебезпечних газових сумішей.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** товстостінна хімічна склянка або спеціальна пластикова банка місткістю 200 мл (використання тонкостінного хімічного посуду категорично заборонено!), захисна металева сітка або кожух, джерело підпалювання (довга скіпка, закріплена на металевому стержні або тримачі завдовжки не менше 50 см), Газометри або апарати Кіппа для отримання водню та кисню, лабораторний пальник, пластиковий або гумовий корок, захисний екран (оргскло); водень, кисень, дистильована вода (для методу витіснення).

**Рекомендації до виконання:** товстостінну ємність (склянку або банку) місткістю 200 мл заздалегідь калібрують: наносять маркером дві мітки, які ділять об'єм судини на три рівні частини. Посудину повністю заповнюють водою і перевертають догори дном у кристалізатор із водою. Спочатку з газометра вводять кисень, витісняючи воду до першої мітки (1/3 об'єму). Потім з апарата Кіппа вводять водень, витісняючи решту води до самого

низу (2/3 об'єму). Отвір посудини закривають корком або годинниковим склом під водою, виймають із кристалізатора і встановлюють на демонстраційний стіл дном догори. Навколо посудини встановлюють захисну металеву сітку (або кожух) та фронтальний захисний екран з оргскла. Запалюють довгу скіпку від пальника. Перебуваючи на безпечній відстані (за екраном), лівою рукою акуратно зніміть пробку з перевернутої посудини (газ не вилітає миттєво, оскільки водень легший за повітря і утримується у верхній частині перевернутої банки). Правою рукою за допомогою довгого тримача піднесіть запалену скіпку до отвору посудини. Суміш миттєво вибухає з дуже різким, гучним звуком (хлопком). На внутрішніх стінках посуду з'являються мікроскопічні краплі води (роса) – продукт реакції.

**Увага!** Вибух суміші об'ємом 200 мл є дуже гучним. Обов'язково попередьте спостерігачів у аудиторії, щоб вони закрили вуха, а демонстратор повинен використовувати захисні навушники та захисний щиток.

**Безпечна альтернатива:** Для повної безпеки гримучий газ можна видувати у вигляді мильних бульбашок на пластиковий піддон, після чого підпалювати саме бульбашки. Це повністю виключає використання скла і робить дослід абсолютно безпечним.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

**4.3. Окиснювальні властивості розплавів солей на прикладі взаємодії аргентум(I) нітрату з целюлозою**

Демонстрування різкого зростання реакційної здатності та окиснювальної активності речовин під час переходу з твердого стану в розплав; дослідження ОВР між солями-окиснювачами та твердими органічними відновниками (целюлозою).

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** порцеляновий тигель (місткістю 15–30 мл), тигельні щипці, лабораторний пальник (газовий або спиртівка), порцеляновий трикутник на кільці штатива (або тринога), ножиці, пінцет (довгий), захисний екран з оргскла, Аргентум(I) нітрат (ляпіс) кристалічний 3-5 г, фільтрувальний папір (беззолний або звичайний лабораторний).

**Рекомендації до виконання:** ножицями нарежте фільтрувальний папір на невеликі вузькі смужки або скрутіть його у пухкі джгутики (довжиною 3-4 см, завтовшки 2-3 мм). Не беріть великі шматки паперу, оскільки це призведе до занадто бурхливого розбризкування розплаву та утворення великої кількості диму. У чистий сухий порцеляновий тигель внесіть наважку кристалічного аргентум(I) нітрату (близько 3-5 г). Помістіть тигель на порцеляновий трикутник, закріплений на кільці штатива. Запаліть пальник і почніть обережно нагрівати тигель. Спочатку прогрійте його рівномірно з усіх боків, а потім спрямуйте полум'я на дно. Аргентум нітрат має порівняно низьку температуру плавлення (209,7°C). Слідкуйте за процесом: кристали швидко переходять у рухливу, прозору, безбарвну або злегка жовтувату рідину. Не перегрівайте розплав вище 300°C, оскільки розпочнеться передчасний термічний розклад солі з утворенням бурого газу нітроген(IV) оксиду та металічного срібла на стінках тигля, і розплав потемніє ще до внесення паперу. Надійно зафіксуйте смужку фільтрувального паперу довгим пінцетом за один кінець. Переконавшись, що між вами та тиглем встановлено захисний екран, обережно опустіть вільний кінець паперового джгутика безпосередньо у прозорий розплав солі. У момент контакту паперу з розплавом відбувається миттєвий яскравий спалах. Папір бурхливо згоряє у розплаві майже без утворення попелу. Процес супроводжується характерним шипінням, виділенням невеликої кількості бурого

диму та утворенням на стінках і дні тигля красивого сірого або дзеркального нальоту металічного срібла.

**Увага!** Оскільки реакція супроводжується виділенням газів, можливе мікророзбризування крапель гарячого розплаву. Працювати потрібно виключно у захисних окулярах (або щитку) та за захисним екраном. Вносити папір слід лише за допомогою довгого пінцета.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

#### *4.4. Спалах чорного пороху*

Демонстрування хімізму горіння порохових сумішей як прикладу швидкісних окисно-відновних реакцій; наочне доведення того, що солі-окиснювачі (зокрема, калій нітрат) містять у своєму складі достатню кількість зв'язаного Оксигену для підтримання автономного горіння в інертному середовищі або в атмосфері без доступу кисню повітря.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** шматок керамічної термостійкої плитки (або термостійкого картону), апарат Кіппа з мармуром і хлоридною кислотою (для отримання карбон (IV) оксиду), велика товстостінна хімічна склянка, довга скляна паличка, лабораторний пальник, довга скіпка, порцелянова ступка з товкачиком, калій нітрат кристалічний, сірка, вугілля.

**Рекомендації до виконання:** калій нітрат, сірку та вугілля, попередньо висушені, ретельно розтирають, кожен речовину окремо, у порцелянових ступках. Якщо використовують одну

ступку, то після кожного компонента її ретельно миють та витирають насухо.

На аркуш паперу зсипають разом 16 г калій нітрату, 2 г сірки та 2 г вугілля. Компоненти акуратно перемішують (наприклад, погойдуванням аркуша або за допомогою м'якого пензлика) і ділять отриману суміш приблизно на дві рівні частини.

**Увага!** Категорично заборонено розтирати або подрібнювати суміш усіх трьох компонентів разом! Це може призвести до самочинного вибуху від тертя. Кожна речовина подрібнюється суворо окремо.

### **Варіант 1. Спалах на відкритому повітрі**

Половину приготовленої суміші насипають гіркою на шматок керамічної термоплитки або вогнетривку цеглину. Суміш підпалюють за допомогою довгої палаючої скіпки, тримаючи її у витягнутій руці. Суміш миттєво спалахує і швидко згоряє з виділенням густого білого диму.

**Варіант 2. Спалах в інертному середовищі (без доступу кисню повітря):** Для доведення того, що горіння порошу відбувається за рахунок кисню, який міститься у складі самого нітрату калію, без участі кисню повітря, дослід можна провести без доступу кисню. Для цього на дно товстостінної хімічної склянки, встановленої на термостійку підкладку, поміщають другу половину приготовленої порохової суміші. Хімічну склянку повністю наповнюють вуглекислим газом з апарату Кіппа (контроль наповнення здійснюють за допомогою палаючої скіпки, вона має миттєво згаснути біля верхнього краю склянки). Прожарюють кінець довгої скляної палички у полум'ї пальника і швидким рухом торкаються ним порошу, що знаходиться на дні хімічної склянки. Відбувається такий самий яскравий спалах, порох згоряє в атмосфері вуглекислого газу так само інтенсивно, як і на відкритому повітрі.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ Самозаймання горючих рідин (скипидару, спирту) під дією нітрувальної суміші

---

---

✓ Фотохімічного вибуху суміші хлору з воднем:

---

---

✓ Гетерогенного каталізу на прикладі окиснення амоніаку:

---

---

✓ Вибуху гримучого газу (суміш водню та кисню):

---

---

✓ Демонстрації окиснювальних властивостей розплавів солей на прикладі взаємодії аргентум(I) нітрату з целюлозою:

---

---

✓ Спалаху чорного пороху:

---

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

---

**Дата виконання:**

**Підпис:**

### **Лабораторне заняття № 5**

**Тема:** Використання цифрового моделювання в навчанні хімії.

**Мета:** Сформувати у здобувачів вищої освіти вміння використовувати цифрове моделювання як інструмент візуалізації та пояснення складних хімічних процесів, розвинути навички створення інтерактивних моделей та критичного оцінювання їхньої дидактичної ефективності.

#### **Перелік рекомендованої літератури**

1. Chemix: online editor for drawing science lab diagrams and school experiment apparatus. URL: <https://chemix.org/> (дата звернення: 01.06.2026).
2. MolView: An open-source web application to visualize chemistry in 3D. URL: <https://molview.org/> (дата звернення: 01.06.2026).
3. Mund J.-P., Wallor E., Головка А., Нікітченко Ю., Хрутьба В., Хрутьба Ю., Дехтяр М., Захарова Ю., Кірсейцева Г., Пацева І., Михайленко В., Кондратюк Л. Використання сучасних цифрових інструментів для трансформації освіти в умовах криз та небезпек : навч. посіб. Київ : Острава, 2024. 98 с.
4. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. URL: <https://phet.colorado.edu/> (дата звернення: 01.06.2026).

5. Козак М. О., Пархоменко А. В. Використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі: навчальний посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 216 с.
6. Цифрові інструменти для онлайн і офлайн навчання : навч.-метод. посіб. Івано- Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2021. 64 с.
7. Шевченко О. В., Лисенко Л. Г. Моделювання хімічних процесів у віртуальному середовищі. Київ : Наукова думка, 2019. 245 с.

#### **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

#### **Інструкція до виконання:**

##### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення можливостей використання цифрового моделювання в навчанні хімії.*

#### **Контрольні запитання:**

1. Розкрийте сутність цифрового моделювання як методу наукового пізнання у фаховій діяльності викладача.
2. Які теми, на вашу думку, потребують обов'язкового використання динамічних моделей для забезпечення наочності?
3. Які можливості надає сервіс Chemix для підготовки інструкцій до лабораторних робіт?
4. Як цифрові моделі сприяють формуванню в здобувачів вищої освіти критичного мислення та хімічної грамотності?
5. Опишіть методику інтеграції віртуального моделювання у структуру традиційного заняття (лекції, лабораторної роботи).
6. Які критерії наукової коректності слід враховувати при виборі готових моделей у мережі Інтернет?

7. У чому полягає дидактична перевага використання MoIView над кулестрижневими моделями?

8. Як за допомогою симуляторів PhET організувати дослідницьку діяльність здобувачів вищої освіти?

1.2. Виконання тестових завдань (наведених методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.

### ***Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.***

2.1. Обговорення дизайну навчального контенту та ролі моделювання у подоланні когнітивних розривів у здобувачів вищої освіти під час вивчення абстрактних хімічних понять.

2.2. Порівняльний аналіз натурального експерименту та цифрової моделі: коли віртуалізація є методично виправданою.

### ***Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).***

Робота здобувачів вищої освіт у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### ***3.1. Конструювання установки для добування газів у Chemix***

Формування цифрової компетентності майбутнього викладача хімії через освоєння інструментів онлайн-платформи Chemix; моделювання архітектури лабораторних установок для добування та очищення газів у віртуальному середовищі; порівняльне аналізування ергономіки, функціональності та безпеки зібраної віртуальної моделі з її реальним хімічним аналогом.

**Перелік обладнання, оснащення:** персональний комп'ютер (ПК) або планшет із доступом до мережі Інтернет, вебсервіс для створення лабораторних схем Chemix.

**Рекомендації до виконання:** здійсніть вхід на платформу Chemix та відкрийте робоче поле конструктора. Для моделювання реакційного вузла (генератора газу) у лівому меню інструментів (розділ Glassware / Посуд) виберіть конічну або

круглодонну колбу (як реактора для взаємодії твердих і рідких речовин). Додайте до колби двоходовий перехідник або корки з двома отворами. Вмонтуйте ділильну воронку в один з отворів корка (для контрольованого введення рідкого реагенту). Змодельуйте вузол очищення (промивання газу), для цього виберіть із каталогу елементів хімічну склянку або спеціальну посудину Дрекслея (промивну склянку). Введіть в умовну промивну склянку газовідвідну трубку від колби-генератора так, щоб її кінець практично досягав дна ємності (для пропускання газу крізь шар поглинальної рідини). Виведіть другу (коротку) газовідвідну трубку з промивної склянки до зони збірника газу. Нанесіть текстові маркери (інструмент Text) українською мовою з позначенням назв посуду, хімічних формул реагентів та напрямку руху газового потоку за допомогою стрілок. Експортуйте готову векторну схему у графічному форматі (PNG/SVG) для внесення до лабораторного звіту. Заповніть таблицю, в якій оцініть зручність, реалістичність та ризики обох підходів:

Критерій порівняння	Віртуальна модель у Chemix	Реальна лабораторна установка
Швидкість монтажу та модифікації		
Контроль герметичності та механічних напруг		
Ергономіка робочого простору		
Рівень безпеки під час роботи		

**Інтегруйте згенеровану вами в Chemix графічну схему:**

Проаналізуйте віртуальну модель на наявність «критичних помилок дизайну». Дайте відповідь: чи враховує Chemix гідродинамічний опір рідини в промивній склянці при проштовхуванні газу? \_\_\_\_\_

---

---

### ***3.2. 3D-аналіз геометрії та полярності молекул у сервісі MolView***

Освоєння інструментарію інтернет-платформи MolView для генерації тривимірних моделей хімічних сполук, дослідження просторової геометрії молекул на прикладі метану, амоніаку та води; аналіз впливу неподілених електронних пар на величину валентних кутів та загальну полярність молекул.

**Перелік обладнання, оснащення:** персональний комп'ютер (ПК) з підключенням до мережі Інтернет, Веббраузер із відкритим онлайн-редактором MolView.

**Рекомендації до виконання: 1. Побудова та оптимізація 2D/3D моделей:** здійсніть перехід на сайт [molview.org](http://molview.org). У лівому двовимірному (2D) робочому вікні за допомогою панелі інструментів побудуйте скелетну структуру першої молекули метану. Виберіть центральний атом Карбону та послідовно додайте чотири одинарні зв'язки з атомами Гідрогену. Натисніть кнопку «2D to 3D» на верхній панелі для автоматичної генерації просторової моделі у правому вікні. Обов'язково проведіть оптимізацію геометрії молекули шляхом вибору опції «Tools → Energy minimization» (для приведення моделі до стану з мінімальною внутрішньою енергією та реальними довжинами

зв'язків). Повторіть вищевказані операції для молекули амоніаку (де центральний атом – Нітроген) та молекули води (де центральний атом – Оксиген).

**2. Просторовий аналіз геометрії** (Вимірювання кутів). Для кожної з трьох моделей активуйте функції вимірювання валентних кутів через меню: «Tools → Measure angle». Послідовне виділення трьох атомів у молекулі для відображення значення кута в градусах на екрані. Фіксація отриманих даних та порівняння їх із теоретичним тетраедричним кутом.

**3. Візуалізація розподілу електронної густини та полярності.** Для наочного відображення полярності зв'язків активуйте карту електростатичного потенціалу молекул через меню: «Jmol → Map (Molecular Electrostatic Potential) → Charge density» або колірну схему потенціалу. Спостерігайте за перерозподілом електронної густини (накопичення негативного заряду біля більш електронегативних атомів Нітрогену та Оксигену і позитивного – біля атомів Гідрогену).

**Обґрунтуйте**, чому за однакового типу гібридизації електронних орбіталей ( $sp^3$ ) центральних атомів Карбону, Нітрогену та Оксигену, значення валентних кутів послідовно зменшуються в ряду метан > аміак > вода: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Сформулюйте висновок** про те, як використання інструментів на кшталт MolView під час вивчення хімії у вищих навчальних закладах дозволяє подолати абстрактність хімічних понять без залучення матеріальних і пластикових моделей (економія пластику, цифровізація освіти): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

#### **4.1. Симуляція процесу розчинення солей та гідратації йонів на мікрорівні (сервіс PhET)**

Візуалізувати динамічний процес розчинення йонних сполук у водному середовищі на молекулярно-кінетичному (мікро) рівні; продемонструвати явища електролітичної дисоціації та орієнтації диполів води навколо катіонів і аніонів (процес гідратації); дослідити стан динамічної рівноваги між процесами розчинення та кристалізації в насичених розчинах солей.

**Перелік обладнання оснащення:** ПК, мультимедійний проєктор або інтерактивна панель, веббраузер із відкритою HTML5-симуляцією «Solubility» (або «Salts & Solubility») на платформі PhET.

**Рекомендації до виконання:** Демонстрація розділена на два послідовні дидактичні етапи: аналіз макроскопічних параметрів розчинності та дослідження мікрорівня взаємодії.

**Етап 1.** Дослідження електролітичної дисоціації та розчинності солей. Відкрийте вкладку симуляції «Table Salt» (кухонна сіль / натрій хлорид). За допомогою віртуальної сільнички здійсніть поступове додавання кристалічного натрій хлориду у резервуар з водою. Зверніть увагу на те, що у момент потрапляння у воду єдина кристалічна структура миттєво руйнується, розпадаючись на окремі рухливі йони. Досягнення межі розчинності: продовжуйте безперервно додавати сіль доти, доки на екрані не з'явиться напис «Saturated» (насичений розчин), а надлишкові йони не почнуть об'єднуватися назад у кристали, утворюючи осад на дні. Активуйте датчик концентрації (Concentration) для фіксації кількісних показників насичення розчину у молях на літр.

**Етап 2.** Візуалізація гідратації йонів на мікрорівні (Вкладка «Micro»). Перейдіть до режиму мікроскопічного аналізу, де молекули води та йони солі показані у вигляді динамічних кульових моделей. Проаналізуйте орієнтацію диполів води (процес гідратації). Спостерігайте за взаємодією з катіонами

натрію: молекули води підлітають до позитивно зарядженого йона і оточують його, орієнтуючись строго своїми негативними полюсами – атомами Оксигену. Спостерігайте за взаємодією з аніонами хлору: навколо негативно зарядженого йона Хлору молекули води утворюють гідратну оболонку, орієнтуючись навпаки – своїми позитивними полюсами (атомами Гідрогену). Демонстрація рухливої рівноваги: у насиченому розчині спостерігайте за тим, що процес не зупиняється: одночасно і з однаковою швидкістю відбувається відрив нових йонів від осаду (розчинення) та повернення гідратованих йонів назад у кристалічну ґратку (кристалізація).

Після перегляду демонстрації зафіксуйте у звітах взаємозв'язок між тим, що ми бачимо в реальній лабораторній склянці (макросвіт), і тим, що відбувається на рівні частинок (мікросвіт).

Що спостерігається на макрорівні (у реальному досліді)	Що відбувається на мікрорівні (у симуляції PhET)	Хімічна суть процесу
Зникнення кристалів солі при перемішуванні у воді.		
Розчин візуально залишається однорідним, проте набуває нових фізико-хімічних властивостей (електропровідність).		
Припинення розчинення солі, поява незмінного за масою осаду на дні хімічної склянки.		

## 4.2. Концептуальне моделювання хімічного квесту «Врятуй лабораторію»

Освоєння методології проектування інтерактивних дидактичних ігор (квестів) за допомогою сервісів Google Slides або Padlet; моделювання логічної послідовності віртуальних кроків для якісного визначення та ідентифікації «невідомої» речовини; трансформація реальних хімічних ознак (зміна кольору, виділення газу, утворення осаду) у цифрові підказки та кодовані завдання.

**Перелік обладнання оснащення:** персональний комп'ютер (ПК) або ноутбук, інтернет-платформи для візуалізації даних: Google Slides (інтерактивні презентації з гіперпосиланнями) або Padlet (віртуальна стіна з потоковою структурою завдань).

**Рекомендації до виконання:** 1. Проектування концепту та хімічної фабули квесту. Формулювання сюжетної лінії: у лабораторії втрачено маркування на флаконі з важливою речовиною. Завдання гравця – за обмежену кількість цифрових кроків ідентифікувати сполуку (наприклад, калій нітрат, купрум(II) сульфат або хлоридну кислоту), щоб «запобігти аварійній ситуації». Складання теоретичної матриці ідентифікації на основі якісних реакцій та ОВР.

2. Технічне моделювання квесту в Google Slides (метод інтерактивного дерева). Створення стартового слайду («Вхід у лабораторію») з описом проблеми. Генерація розгалуженої структури (Крок 1): створення слайду з першим аналітичним вибором. Наприклад: «Яку первинну дію ви виконаєте з невідомим розчином?» Налаштування інтерактивних кнопок-варіантів за допомогою функції «Вставити посилання → Слайд у цій презентації». *Варіант А* (Помилковий): «Додати розчин лугу безпосередньо у флакон». Посилання перенаправляє на слайд-пастку: «Помилка безпеки! Лабораторію заблоковано». *Варіант Б* (Правильний): «Відібрати пробу в окрему хімічну склянку та виміряти рН». Посилання перенаправляє на Крок 2. Моделювання аналітичних ознак (Крок 2 та 3): розробка слайдів із візуальними підказками. Замість тексту вставляють фотографії реальних ефектів (наприклад, інтенсивно-рожеве

забарвлення фенолфталеїну або виділення бурого газу) та запитання: «Який елемент відновлюється, викликаючи появу цього газу?» (Очікувана відповідь студента-гравця: Нітроген, якщо мова йде про нітроген (IV) оксид). Створення фінального слайду з кодовим замком, де паролем є хімічна формула правильно визначеної сполуки. 3. Альтернативне моделювання на дошці Padlet (метод лінійного потоку). Створення віртуальної стіни Padlet із типом розміщення «Потік» або «Полиця». Розміщення послідовних карток-загадок. Кожна наступна картка відкривається лише після того, як здобувач вищої освіти вводить правильну відповідь у коментарях до попередньої. Картки містять зашифровані рівняння ОВР, де замість формул речовин стоять знаки питання.

**Надайте відкрите посилання на розроблений вами квест у Google Slides або Padlet, а також додайте скріншоти 2–3 ключових кроків:**

---

**Обґрунтуйте**, як концептуальне моделювання хімічних квестів дозволяє розвивати критичне мислення. Поясніть переваги проведення таких віртуальних квестів перед реальними роботами з розпізнавання речовин з позиції концепції Green Chemistry (мінімізація хімічних відходів, відсутність використання токсичних солей важких металів під час масового навчання, абсолютна пожежна безпека):

---

---

---

---

### ***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ Конструювання установки для добування газів у Chemix:

---

---

---

✓ 3D-аналізу геометрії та полярності молекул у сервісі MoView:

---

---

✓ Демонстрації симуляції процесу розчинення солей та гідратації йонів на мікрорівні (сервіс PhET):

---

---

✓ Концептуального моделювання хімічного квесту «Врятуй лабораторію»:

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

---

**Дата виконання:**

**Підпис:**

### **Лабораторне заняття № 6-7**

**Тема:** Техніка лекційного та навчального експерименту із **Загальної хімії: підбір, організація, проведення.**

**Мета:** Сформувати у здобувачів вищої освіти професійні вміння організовувати та проводити фундаментальні хімічні експерименти, що доводять основні закони хімії, поєднуючи історичну достовірність технік із методичними підходами до візуалізації мікропроцесів.

## **Перелік рекомендованої літератури**

1. Загальна хімія : лаб. практикум для здобувачів вищ. освіти спец. 102 "Хімія", 226 "Фармація, пром. фармація" та спец. 091 "Біологія та біохімія" і 162 "Біотехнологія і біоінженерія"/ уклад.: Т. О. Кюсе, Л. А. Раскола, Т. Л. Ракитська. – Дніпро : Журфонд, 2023.– 266 с.
2. Кусяк Н. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Загальна хімія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / Н. В. Кусяк. - Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. - 56 с.
3. Практикум з основ загальної хімії для організації лабораторних, семінарських занять і самостійної роботи з дисципліни "Загальна хімія" / В. І. Булавін [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" – 3-тє вид., допов. та виправ. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – 150 с.
4. Романко П.Д., Романко Г.А., Мельник О.Д., Калин Т.І., Челядин Л.І., Побережний Л.Я., Полутренко М.С. Загальна хімія: Лабораторний практикум. – Івано-Франківськ: Факел, 2005. – 91 с.

## **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

## **Інструкція до виконання:**

### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення методики відтворення класичних дослідів (наприклад, у закритих ретортах), які заклали фундамент хімічної науки*

### **Контрольні запитання:**

1. У чому полягає принципова відмінність у техніці проведення дослідів, що ілюструють закон збереження маси у відкритих та закритих системах?
2. Які особливості конструкції спеціальних посудин (наприклад, Ландольта) забезпечують точність доведення закону збереження маси?
3. Проаналізуйте умови, за яких дифузія в газах відбувається з максимальною швидкістю для демонстрації в аудиторії.
4. Які правила техніки безпеки є критичними при роботі з парами броду під час ілюстрації атомно-молекулярної теорії?
5. Опишіть методику підготовки дослідів з дифузії в розчинах для тривалого спостереження (протягом кількох лекцій).
6. Чому при демонструванні горіння свічки в закритій колбі на терезах важливо досягти повної герметичності приладу?
7. Як використати «розумовий експеримент» для пояснення результатів дослідів Лавуазьє з окисненням металів у ретортах?
8. Які метрологічні вимоги висуваються до терезів при проведенні лекційного експерименту із законом збереження маси?
9. Яку роль відіграє пористий циліндр у дослідів з дифузії водню і як візуалізувати тиск газу, що при цьому виникає?
10. Які екологічні та технічні вимоги висуваються до лекційних дослідів, якщо в аудиторії відсутня стаціонарна витяжна шафа?

1.2. *Виконання тестових завдань (наведених у методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.*

#### **Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.**

2.1. *Аналіз ергономіки демонстраційного столу: правильне зонування, висота посуду, кути огляду та використання дзеркал чи камер.*

2.2. Обговорення можливостей III для розробки сценаріїв інтерактивних лекцій, де хімічний експеримент виступає точкою розгалуження сюжету (вибір студентами наступного кроку реакції).

### **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіти у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### **3.1. «Хімічний фонтан» (Демонстрація розчинності газів та зміни рН)**

Наочна демонстрація колосальної розчинності деяких газів (амоніаку або водень хлориду) у воді, виникнення вакууму в закритій системі та миттєва зміна кольору індикатора.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** Велика круглодонна колба (місткістю 1 л) із термостійкого скла, гумовий корок із двома отворами, довга скляна трубка з відтягнутим капілярним кінцем (всередині колби) та краном (або затискачем) зовні, скляна піпетка з гумовою грушою, велика хімічна склянка (місткістю 1,5–2 л) для води, лабораторний штатив із масивними лапками, захисні окуляри. Газуватий амоніак (сухий, заздалегідь зібраний у колбу), дистильована вода, індикатор (фенолфталеїн або лакмус).

Увага! Колба має бути абсолютно сухою та без мікротріщин. Створення вакууму всередині колби великого об'єму створює ризик імплозії (руйнування всередину). Обов'язкове використання захисного екрана між установкою та аудиторією!

**Рекомендації до виконання:** велику круглодонну колбу заздалегідь наповнюють сухим амоніаком і закривають корком, у який вставлено довгу скляну трубку з капіляром та піпетку. Колбу закріплюють у штативі горлом донизу.

У великий кристалізатор (1,5-2 л) наливають на 2/3 воду і додають кілька крапель фенолфталеїну (розчин безбарвний). Нижній кінець скляної трубки занурюють у склянку з водою. Для ініціювання процесу стискають грушу піпетки, впорскуючи краплі води всередину колби. Амоніак миттєво розчиняється у

цій воді, тиск у колбі стрімко падає. Відкривають затискач (кран) на трубці. Вода зі склянки під дією атмосферного тиску потужним струменем б'є всередину колби через капіляр, утворюючи красивий фонтан. Оскільки середовище в колбі стає різко лужним, безбарвна вода перетворюється на яскраво-малиновий фонтан.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

### **3.2. Коливальна реакція («Хімічний годинник» Белоусова-Жаботинського в модифікації)**

Демонстрування кінетичних закономірностей складних гомогенних систем; наочна ілюстрація термодинамічно нерівноважних процесів, де забарвлення розчину періодично змінюється у часі.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** велика хімічна склянка (місткістю 600-1000 мл) з тонкого, але міцного демонстраційного скла, магнітна мішалка з великим магнітним якорем (турбулентне перемішування є обов'язковим для синхронізації кольору), секундомір (або вивід таймера на екран), білий екран-задник, документ-камера. Малонова кислота, калій бромат ( $KBrO_3$ ), церій(III) сульфат або фероїн (індикатор), сульфатна кислота (концентрована), дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:** У великій хімічній склянці готують базовий робочий розчин сульфатної кислоти з додаванням малонової кислоти та церій(III) сульфату (або фероїну). Склянку встановлюють на магнітну мішалку перед

білим фоном, вмикають інтенсивне, але плавне перемішування без утворення глибокої вирви.

За командою (із запуском секундоміра) у систему швидко вносять розчин калію бровату. Через невеликий індукційний період розчин починає періодично змінювати колір (наприклад, від червоного до синього у випадку фероїну, або від безбарвного до жовтого у випадку солей Церію). Необхідно зафіксувати частоту коливань та проаналізувати, як змінюється період коливань із часом. Для аудиторії процес можна транслювати через документ-камеру.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

#### ***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

#### ***4.1. Ефект «Йодного годинника» (Вплив концентрації на швидкість ОВР)***

Дослідження закону діючих мас та впливу концентрації реагентів на швидкість хімічної реакції; демонстрація явища відкладеного (кінетичного) ефекту, що ідеально підходить для створення проблемної ситуації на лекції.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** три однакові великі хімічні склянки (місткістю 500 мл), три мірні циліндри на 250 мл, білий контрастний екран, секундомір. Розчин А: калій йодат ( $KIO_3$ ) різної концентрації в трьох склянках (вихідний розчин розбавляють водою у співвідношеннях 1:1, 1:2, 1:4).

Розчин Б: суміш сульфатної кислоти (або натрій сульфату з кислотою), розчинного крохмалю та дистильованої води.

**Рекомендації до виконання:** на демонстраційному столі в ряд розмістити три великі хімічні склянки з розчинами «А» різної концентрації (об'єми розчинів однакові). Поруч розмістити три склянки з однаковим розчином «Б» (вміст крохмалю та сульфату однаковий). Перед склянками встановлюють білий екран.

Для зручності можна долучити трьох асистентів з числа здобувачів вищої освіти. За сигналом «три, два, один, почали!» асистенти одночасно приливають розчини «Б» до розчинів «А» і швидко виймають склянки. Розчини залишаються абсолютно безбарвними кілька секунд. Потім, із чіткими проміжками часу (залежно від розведення), розчини в склянках один за одним миттєво, за доли секунди, стають темно-синіми, майже чорними.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

---

#### ***4.2. Створення «Саду силікатів» у великому об'ємі (Демонстрація дифузії та осмотичних явищ)***

Наочне моделювання росту напівпроникних силікатних мембран («рослин») під дією осмотичного тиску; вивчення властивостей силікатів та утворення кольорових нерозчинних силікатів перехідних металів.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** великий плоскодонний демонстраційний акваріум або широка прямокутна хімічна склянка (місткістю 2-3 л), нижнє підсвічування (світлодіодна панель), документ-камера з виводом на великий екран. Розчин натрій силікату (рідке скло,

розбавлене водою 1:1 або 1:2); добре сформовані великі кристали солей: купрум(II) сульфат (сині), кобальт(II) хлорид (темно-рожеві), нікель(II) сульфат (зелені), ферум(III) хлорид (бурі), манган(II) сульфат (рожеві).

**Рекомендації до виконання:** У велику прямокутну склянку або акваріум наливають розбавлене рідке скло. Склянка встановлюється на світлодіодну панель для створення нижнього контражурного освітлення. За допомогою довгого пінцета акуратно опустить кристали солей на дно ємності, розподіляючи їх рівномірно (на відстані 2-3 см один від одного).

Майже одразу з кристалів починають «рости» вгору різнокольорові вертикальні гілки, трубки та химерні водорості. Швидкість росту варіюється для різних солей. Паралельно можна продемонструвати цей процес через документ-камеру у макрорежимі, пояснюючи механізм утворення напівпроникної мембрани солі, її розриву під дією осмотичного тиску та подальшого росту «пагона».

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

### ***4.3. Окиснення плюмбум(II) сульфіді гідроген пероксидом***

Продемонструвати процес окиснення чорного плюмбум(II) сульфіді гідроген пероксидом до білого плюмбум(II) сульфату, що пояснює хімізм реставрації старовинного живопису (олійних картин, написаних свинцевими білилами).

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** хімічні склянки демонстраційні (ємністю 250-300 мл) зі скляними паличками 3

шт., кювети великі 2 шт., пензель, фанера або цупкий картон, розчин плюмбум(II) нітрату або плюмбум(II) ацетату (0,5Н), розчин натрію карбонату (0,5Н), розчин гідроген пероксиду (10%), сірководнева вода свіжовиготовлена, розчин амонію сульфіді, фільтрувальний папір.

### **Рекомендації до виконання: Варіант 1. Демонстрація у хімічних склянках (покрокова зміна забарвлення):**

*Одержання основної солі плюмбуму:* першу хімічну склянку налийте розчин солі Плюмбуму (нітрату або ацетату) і додайте до нього розчин натрію карбонату. Внаслідок реакції випадає білий осад гідроксокарбонату плюмбуму(II) – солі, яка є основою свинцевих білил. Суміш ретельно збовтайте скляною паличкою до утворення однорідної суспензії. *Моделювання «потемніння» білил:* Половину одержаної білої суспензії перелийте у другу хімічну склянку. Додайте туди сірководневу воду. Спостерігайте, як білий осад гідроксокарбонату плюмбуму миттєво перетворюється на чорний осад плюмбум(II) сульфіді. Вміст склянки перемішайте паличкою. *«Реставрація» (окиснення сульфіді):* Половину утвореної чорної суспензії відлийте у третю хімічну склянку. Додайте туди 10% розчин гідроген пероксиду. Під дією окисника чорний плюмбум(II) сульфід поступово перетворюється на білий плюмбум(II) сульфат.

**Варіант 2. Ефектна демонстрація на папері («Хімічне очищення» або «Проявлення напису»)** Цей варіант є більш наочним для аудиторії та дозволяє продемонструвати процес у вигляді «реставрації» малюнка або напису.

*Підготовка «почорнілого» паперу:* у першій великій кюветі просочіть аркуш фільтрувального паперу розчином солі Плюмбуму (нітрату або ацетату), висушіть аркуш. У другій кюветі обробіть висушений папір розчином амонію сульфіді. Папір рівномірно почорніє внаслідок утворення плюмбум(II) сульфіді. Знову висушіть аркуш.

*Демонстрація реставраційного ефекту:* закріпіть почорнілий аркуш паперу на планшеті з фанери або цупкого картону.

Безпосередньо під час демонстрації перед аудиторією змочить пензель у 10%-му розчині гідроген пероксиду та зробіть на чорному тлі будь-який напис чи малюнок (наприклад: «Привіт науці!», «Реставрація» тощо). У місцях нанесення розчину чорний сульфід окиснюється, утворюючи білий сульфат, завдяки чому напис чітко «проявляється» білим кольором:

Увага! Сполуки Плюмбуму та сірководнева вода є токсичними. Дослід (особливо етапи з використанням  $H_2S$ ) необхідно проводити у витяжній шафі або у добре вентильованому приміщенні. Гідроген пероксид з концентрацією 10% може викликати хімічні опіки шкіри, тому поведіться з ним обережно.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

#### ***4.4. Зміщення хімічної рівноваги хромат-/дихромат-іонів***

Продемонструвати вплив зміни концентрації йонів Гідрогену  $H^+$  та гідроксид-іонів  $OH^-$  на стан хімічної рівноваги між йонами хроматів- і дихроматів- у водному розчині, спостерігаючи зміщення рівноваги на зміні забарвлення.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** хімічні склянки (250-300 мл) 4 шт., скляні палички 4 шт., розчини: калій хромату 0,5Н, калій дихромату 0,5Н, сульфатна кислота 2Н, калій гідроксид 2Н.

**Рекомендації до виконання:** *Спочатку підготуйте вихідні розчини, для цього у перші дві хімічні склянки налейте по 150-200 мл розчину калій дихромату (має оранжеве забарвлення), у*

дві інші склянки налийте стільки ж (по 150-200 мл) розчину калій хромату ( має жовте забарвлення). Приготуйте контрольні зразки (по одній склянці з кожної пари розчинів – одну з розчином калій дихромату та одну з розчином калій хромату) – це еталонні розчини для порівняння. Простежте вплив лужного середовища на калій дихромат, для цього візьміть другу склянку з оранжевим розчином калій дихромату, помішуючи склянкою паличкою, по краплях додайте до неї розчин калій гідроксиду, спостерігайте за зміною забарвлення розчину, додавання луку зв'язує катіони гідрогену (утворюється вода), через що рівновага зміщується у бік утворення жовтих хромат-іонів. Простежте вплив кислого середовища на калій хромат, для цього візьміть другу склянку з жовтим розчином калій хромату, помішуючи паличкою, по краплях додайте до неї розчин сульфатної кислоти, спостерігайте за змінами., надлишок катіонів гідрогену з кислоти зміщує рівновагу у бік утворення дихромат-іонів (оранжевого кольору). Порівняйте забарвлення отриманих розчинів із контрольними.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

### ***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ Виконання «Хімічного фонтану» (розчинність газів та зміна рН):

---

---

✓ Коливальної реакції Белоусова-Жаботинського:

---

---

✓ Демонстрування ефекту «Йодного годинника» (швидкість ОВР):

---

---

✓ Росту «Саду силікатів» в акваріумі:

---

---

✓ Росту «Саду силікатів» в акваріумі:

---

---

✓ Окисненні плюмбум(II) сульфіді гідроген пероксидом:

---

---

✓ Демонстрації на папері «Хімічного очищення» або «Проявлення напису»)

---

---

✓ Зміщення хімічної рівноваги хромат-/дихромат-іонів

---

---

Запропонуйте шляхи виправлення помилок:

---

---

---

---

---

---

**Завдання №6. Індивідуальне завдання для здобувачів вищої освіти**

*6.1. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Загальна хімія» підберіть навчальний експеримент, який на вашу думку можна включити до лабораторного практикуму, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.*

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

*6.2. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Загальна хімія» підберіть демонстраційний експеримент, який на вашу думку можна виконати на лекції, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.*

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

**Дата виконання:**

**Підпис:**

### **Лабораторне заняття №8-9**

**Тема:** Техніка лекційного та навчального експерименту із Неорганічної хімії (хімія елементів та їх сполук): підбір, організація, проведення.

**Мета:** Сформувати у здобувачів вищої освіти систему професійних умінь щодо планування, техніки організації, виконання та методичного супроводу експериментів, що розкривають властивості неметалів та металів, із акцентом на безпеку роботи з агресивними речовинами та наочність процесів.

### **Перелік рекомендованої літератури**

1. Кокшарова Т. В. Лабораторний практикум з неорганічної хімії : для здобувачів першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти спец. 102 «Хімія» / Т. В. Кокшарова, Т. О. Кіусе, Л. А. Раскола. – Електрон. текст. дані (1 файл: 1,4 МБ). – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2024. – 85 с.
2. Кусяк Н. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Неорганічна хімія» : навч.-метод. посіб. для здобув. першого (бакалаврського) рівня вищ. осв. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 74 с.

3. Методичні рекомендації до організації самостійної роботи з обов'язкової освітньої компоненти «Неорганічна хімія» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / Уклад.: Н. В. Кусяк, О.Ю. Кичкирук, В. В. Листван, О.В. Ходюк. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. 42 с.
4. Навчальний посібник Прикладна неорганічна хімія [Електронний ресурс] : лабораторний практикум для студентів хіміко-технологічного факультету за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. В. Косогін, Ю. М. Феденко, С. О. Кирій. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 112 с.
5. Неорганічна хімія [Електронний ресурс] : лабораторний практикум : для студентів хіміко-технологічних спеціальностей денної та заочної форм навчання / М. М. Волобуєв, А. М. Корогодська, О. Л. Сінческул, В. В. Уржунцева ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ "ХПІ", 2025. – 122 с.
6. Чигвінцева О.П., Голов'ятинська В.В. Неорганічна хімія. Практикум. Навчальний посібник – Дніпропетровськ, 2011. – 80 с.

### **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

### **Інструкція до виконання:**

#### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення питання підготовки та проведення експериментів у Неорганічній хімії, які демонструють*

*специфіку властивостей s-, p-, d-елементів, правила роботи з ними, використання витяжної шафи та концентрованих кислот.*

### **Контрольні запитання:**

1. Перелічіть основні критерії вибору демонстраційного посуду для реакцій, що супроводжуються виділенням нітроген (IV) оксиду – бурого газу.
2. Обґрунтуйте методика використання білих та чорних екранів під час демонстрування утворення осадів різного кольору.
3. Які відмінності в техніці безпеки при взаємодії натрію з водою у звичайній пробірці та у кристалізаторі?
4. Як забезпечити переконливе доведення кислотного характеру продуктів горіння неметалів (наприклад сірки, фосфору) у великій аудиторії?
5. Проаналізуйте роль «німого» відеоексперименту при вивченні фізичних та хімічних властивостей галогенів.
6. Яких правил техніки безпеки слід дотримуватись при демонстрації водовідбірних властивостей концентрованої сульфатної кислоти?
7. У чому полягає суть проведення паралельних дослідів із металами різної активності?
8. Які етичні стандарти безпеки вимагають використання мікрометодів при роботі з токсичними сполуками неметалів?

1.2. *Виконання тестових завдань (наведених у методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.*

### **Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.**

2.1. *Обговорення проблеми перетворення складних хімічних процесів на зрозумілу навчальну «схему» без втрати науковості.*

2.2. *Обговорення техніки безпеки, яких необхідно дотримуватись під час роботи з газами, аналіз можливих*

методів герметизації установок при добуванні нітроген (IV) оксиду, сульфур (IV) оксиду, хлору в умовах аудиторії.

2.3. Обговорення ролі естетики та емоційного впливу різноманітності кольорових переходів (під час реакція комплексоутворення) та світлових ефектів у формуванні пізнавального інтересу та розвитку мотивації до навчання.

### **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіти у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### **3.1. Взаємодія гідроген пероксиду з розчином калій перманганатом в кислому середовищі.**

Продемонструвати відновні властивості гідроген пероксиду в реакції з сильним окисником (калій перманганатом) у кислому середовищі, дослідити ознаки перебігу окисно-відновного процесу (знебарвлення розчину та виділення газу).

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** Хімічна склянка місткістю 250 мл (або велика демонстраційна пробірка), скляна паличка, мірні циліндри або піпетки, демонстраційний столик або штатив, розчин калій перманганату 0,1 М, розчин сульфатної кислоти 2М, концентрований гідроген пероксид (30%-й або розведений 10%-й).

**Рекомендації до виконання:** У хімічну склянку місткістю 250 мл налейте 50-100 мл розчину калій перманганату (розчин має інтенсивне фіолетове забарвлення). До розчину додайте 10-15 мл розчину сульфатної кислоти (щоб утворилось кисле середовище). Перемішайте суміш скляною паличкою. Краплями (або порціями по 1-2 мл), постійно перемішуючи вміст скляною паличкою, приливайте розчин гідроген пероксиду до зникнення забарвлення.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

Рекомендації щодо шляхів виправлення: \_\_\_\_\_

### **3.2. Взаємодія гідроген пероксиду з калій дихроматом (Хімічний хамелеон).**

*Дослідити процес утворення нестабільної надхромової кислоти  $H_2CrO_6$  під дією гідроген пероксиду на дихромат-іони в кислому середовищі; продемонструвати явище екстракції органічним розчинником (діетиловим етером) для стабілізації сполуки.*

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** циліндр місткістю 100-200 мл із притертим скляним корком (або щільним кумовим корком), скляна паличка, піпетки Пастера або мірні піпетки; розчин калій дихромату (5%), розчин сульфатної кислота (2M), розчин гідроген пероксиду (3%), діетиловий етер (за відсутності можна замінити на аміловим або ізоаміловим спиртом, які є менш леткими та безпечнішими в умовах навчальної лабораторії), дистильована вода, штатив.

**Рекомендації до виконання:** заповніть циліндр приблизно на 3/4 об'єму дистильованою водою та додайте 2-3 мл розчину сульфатної кислоти (для створення кислого середовища). Введіть у циліндр кілька крапель розчину калій дихромату (так щоб водний розчин набув чіткого, але світло-оранжевого (чи жовтого) забарвлення), Перемішайте суміш скляною паличкою. Обережно по стінці циліндра прилийте таку кількість діетилового етеру, щоб над водним шаром утворився чіткий шар органічного розчинника (1-2 см). Етер не змішується з водою, розташується зверху, бо має меншу густину і має, він. Піпеткою швидко прилийте у циліндр 1-2 мл 3%-го розчину гідроген пероксиду. У водному шарі миттєво з'являється інтенсивне темно-синє забарвлення, яке свідчить про утворення надхромової кислоти. Проте у водному середовищі надхромова кислота вкрай нестабільна, тому розчин починає швидко пузиритися (виділяється кисень), а синє забарвлення змінюється

на брудно-зелене, оскільки відбувається відновлення Хрому до  $\text{Cr}^{+3}$ . *Екстракція*: надхромову кислоту можна «врятувати» провівши процес екстракції. Для цього негайно закрийте циліндр пробкою та декілька разів енергійно збовтайте (переверніть) його вміст, після чого дайте рідинам розшаруватися. Після розшарування суміші нижній водний шар повністю знебарвлюється, а верхній (ефірний) шар набуває надзвичайно красивого, стійкого яскраво-синього забарвлення. Діетиловий етер екстрагує надхромову кислоту з водної фази, де вона утворила значно стабільніший сольватний комплекс.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

#### ***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

##### ***4.1. Взаємодія натрію з водою.***

*Продемонструвати високу хімічну активність лужних металів на прикладі взаємодії натрію з водою, дослідити характер середовища утвореного розчину за допомогою індикаторів, визначити найбільш ефективний варіант виконання.*

**Увага!** Натрій – це дуже активний метал, який заборонено брати руками (тільки пінцетом); розміри шматка натрію, з яким працюєте не повинен перевищувати горошину; фільтрувальний папір, яким осушували натрій від гасу необхідно утилізувати попередньо змочивши його у воді.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** кристалізатор, захисний екран, пінцет, скальпель (або ніж), фільтрувальний папір, демонстраційні пробірки 2 шт., штатив для пробірок з білим фоном, чашка Петрі, натрій (металічний, під шаром гасу), дистильована вода, розчин фенолфталеїну, розчин тимолфталеїну.

**Варіант 1.** Взаємодія натрію з водою (класичним способом – у кристалізаторі).

**Рекомендації до виконання:** заповніть кристалізатор приблизно на 2/3 об'єму дистильованою водою (можна використовувати воду з водогону), додайте 3-4 краплі фенолфталеїну. Для безпеки становіть перед кристалізатором захисний екран. Пінцетом дістаньте з банки шматочок натрію, за допомогою скальпеля на фільтрувальному папері обережно відріжте шматочок розміром із горошину. Обов'язково ретельно очистіть його поверхню фільтрувальним папером від гасу та пероксидної плівки. Обережно, пінцетом, опустіть шматочок натрію у центр кристалізатора з водою. Спостерігайте за змінами.

**Варіант 2.** Взаємодія натрію з водою в демонстраційних пробірках (танцюючий натрій у двошаровій системі).

**Рекомендації до виконання:** У дві великі демонстраційні пробірки налейте однаковий об'єм (по 5-7) мл дистилляту. У першу пробірку додайте 2-3 краплини фенолфталеїну, у другу – 2-3 краплини тимолфталеїну. Обережно по стінці пробірок долийте у кожен по 5-7 мл гасу ) утворюється два чітких шари води та гасу. Встановіть пробірки у штативі. Підготуйте два шматочки натрію розміром із невелику горошину кожен, очистіть їх від гасу фільтрувальним папером. Пінцетом візьміть по одному шматочку натрію та опустіть в кожен пробірок, спостерігаєте, як «танцює» натрій, піднімаючись та опускаючись у верхньому шарі.

**Варіант 3.** Взаємодія натрію з водою у чашці Петрі (мікрометод).

**Рекомендації до виконання:** На дно сухої чашки Петрі покладіть шматок фільтрувального паперу ( папір має бути

круглим та розміститись на дні чашки). Налийте промивалкою на папір декілька мілілітрів дистилату (папір має бути повністю просоченим, а на його поверхні збереться тонкий шар води). Додайте 2-3 краплі фенолфталеїну або тимолфталеїну. Для кращої безпеки можна встановити перед чашкою Петрі захисний екран. Пінцетом помістіть на вологий фільтрувальний папір очищений від гасу маленький шматочок натрію (розміром із пшонає зерно або дуже маленьку горошину). Спостерігайте як натрій «бігає» від краю до краю чашки Петрі, а водень спалахує жовтим кольором.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

#### **4.2. Знебарвлення живих квітів сульфур (IV) оксидом**

*Продемонструвати відбілювальну дію сульфур(IV) оксиду на органічні барвники (антоціани) живих квітів.*

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** скляний дзвін, скло за розміром основи дзвона (або лист азбестового/керамічного картону) для підставки, тигель для спалювання сірки, хімічна склянка (100 мл) для промивання квітів, маленький скляний циліндр або хімічна склянка на 50 мл (як підставка для квітів), лабораторні щипці, пальник газовий, пульверизатор із водою, живі яскраво забарвлені квіти (червоні або рожеві троянди, півонії, блакитні незабудки тощо), сірка кристалічна або порошкова, діетиловий етер (або етанол), дистильована вода.

**Увага!** Дослід виконувати тільки у витяжній шафі.

**Рекомендації до виконання:** яскраво забарвлену квітку (або кілька невеликих квіток) на кілька секунд занурте в хімічну склянку з діетиловим етером (щоб розчинити тонкий захисний шар воску, який вкриває пелюстки та заважатиме проникненню газу до клітин з барвником. Дістаньте квітку з етеру, дайте залишку етеру повністю випаруватися на повітрі (1-2 хвилини). За допомогою пульверизатора злегка сприсніть пелюстки квітки дистильованою водою (для утворення сірчистої кислоти). Помістіть стебло квітки у маленький циліндр або склянку, що слугуватиме підставкою. На підставку (скляну або керамічну пластину) встановіть циліндр із підготовленою квіткою. У тигель насипте трохи порошку сірки. Нагрійте її у полум'ї пальника до займання. Сірка горить характерним слабким синім полум'ям. За допомогою щипців обережно поставте чашку з палаючою сіркою на пластину поруч із квіткою. Негайно накрийте квітку та чашку з сіркою, яка горить, скляним дзвоном. Сірка швидко згасне, коли вичерпається кисень під дзвоном, але простір повністю заповниться густим безбарвним сульфур(IV) оксидом. Через кілька хвилин перебування в атмосфері сульфур(IV) оксиду пелюстки квітів починають втрачати колір, спостерігається повне або майже повне знебарвлення.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

### ***4.3. Алотронні модифікації сірки, одержання пластичної сірки***

*Ознайомитись на практиці із алотропними модифікаціями сірки; продемонструвати перехід кристалічної ромбічної сірки в пластичну, дослідити фізичні властивості та нестабільність отриманої форми в часі.*

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** порцелянова каstrулька з ручкою (або великий порцеляновий тигель), велика хімічна склянка місткістю 2-3 літри, шматок азбестового або керамічного картону (за розміром верху порцелянної каstrульки), довга скляна паличка, загнута на кінці у вигляді гачка, тринога із металевою азбестованою сіткою, пальник, ступка з товкачиком, черенкова або кускова сірка (50-100 г), холодна вода (бажано додати у воду лід або сніг для кращого ефекту).

**Рекомендації до виконання:** сірку ретельно подрібніть у ступці, наповніть порцелянову каstrульку з ручкою подрібненою сіркою, накрийте її шматком азбестового картону. Встановіть каstrульку на триногу з азбестованою сіткою та інтенсивно нагрійте пальником. Поряд із триногою поставте велику хімічну склянку, майже доверху наповнену холодною водою з льодом. Спочатку (при  $\sim 113-120^{\circ}\text{C}$ ) сірка перетворюється на жовту рідину. При подальшому нагріванні ( $\sim 160-190^{\circ}\text{C}$ ) рідина різко темніє, стає темно-бурою і настільки в'язкою, що каstrульку можна перевернути, і сірка з неї не виллється. При продовженні нагрівання вище  $300^{\circ}\text{C}$  сірка знову розріджується, залишаючись темно-бурою. Нагрівання продовжують обов'язково до кипіння сірки ( $\sim 445^{\circ}\text{C}$ ). Як тільки сірка закипить, вимкніть пальник. Надягніть захисну рукавичку, візьміть ручку порцелянної каstrульки правою рукою, а лівою рукою притримуйте азбестовий картон на ній, залишивши лише невеликий отвір для виливання. Обережно, безперервно й повільно виливайте киплячу темно-буру сірку тонким струмком у велику склянку з холодною водою, здійснюючи каstrулькою колові рухи. Коли сірка потрапляє у воду вона охолоджується та утворює довгі, темні, гнучкі нитки, які спіралями осідають на дно судини. За допомогою довгої скляної палички із загнутим гачком кінцем дістаньте утворені нитки сірки з dna склянки.

Візьміть нитки пластичної сірки руками: отриманий зразок є м'яким, еластичним, гумоподібним і здатний легко розтягуватися. Майте на увазі, що через 30-40 хвилин (можливо трохи більше) еластичність і тягучість пластичної сірки втрачається. Нитки стають крихкими, ламкими, а їхня поверхня покривається жовтуватим нальотом. Це свідчить про повернення аморфної форми сірки у більш стабільну ромбічну (кристалічну) модифікацію.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

#### ***4.4. Одержання гелю силікатної кислоти***

*Одержати гель силікатної кислоти методом коагуляції при взаємодії солей силікатної кислоти з сильною неорганічною кислотою.*

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** термостійкі хімічні склянки місткістю 200-250 мл, скляна паличка, бюретка (або крапельна лійка), закріплена у штативі, лабораторна лійка, пальник, тринога із азбестовою підкладкою або сіткою, металевою сіткою (або електрична плитка), натрій силікат свіжоприготовлений 25%-й розчин або рідке скло, хлоридна кислота, лакмусу (або універсальний індикаторний папір), дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:**

**Увага!** Лужний розчин натрію або калій силікату (водне скло) при нагріванні та тривалому контакті активно роз'їдають хімічний посуд. Тому відразу після закінчення експерименту (до

того, як гель остаточно затвердіє) склянку та паличку ретельно промийте великою кількістю води.

У першу хімічну склянку налейте 50-70 мл свіжоприготовленого 25%-го розчину натрій силікату. Поставте склянку на плитку та підігрійте розчин до температури 50-60°C. Заповніть бюретку хлоридною кислотою. Теплий розчин натрій силікату зніміть із плитки та перелийте у другу (чисту й суху) хімічну склянку, яку заздалегідь підставлена під лабораторну бюретку. Додайте до розчину натрій силікату 7-10 крапель розчину лакмусу. Розчин набуває чіткого синього забарвлення, що свідчить про дуже лужне середовище внаслідок гідролізу солі. Повільно, невеликими порціями або краплями, виливайте з бюретки хлоридну кислоту. При цьому розчин у склянці безперервно й інтенсивно перемішувати скляною паличкою. Продовжуйте приливати кислоту поки у розчині не з'явиться слабке легке помутніння з оксамитовим відливом. Як тільки розчин почне втрачати прозорість, негайно припиніть приливати кислоти. Залиште склянку в спокої, спостерігайте за склянкою (10-15 хвилин), рідкий розчин (золь) поступово густішає. Через деякий час уся маса у склянці повністю коагулює, тобто перетворюється на суцільний, прозорий, драглистий та щільний гель силікатної кислоти. Склянку з утвореним гелем можна обережно нахилити або перевернути догори дном, гель міцно тримається стінок і не виливається. Лакмус у товщі гелю впродовж усього дослідження повинен зберігати синій колір (лужна реакція), оскільки для формування правильної просторової структури гелю не можна допускати надлишку кислоти.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

### ***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ *Взаємодії гідроген пероксиду з розчином калій перманганату в кислому середовищі:*

---

---

✓ *Взаємодії гідроген пероксиду з калій дихроматом:*

---

---

✓ *Демонструванні взаємодії натрію з водою:*

---

---

✓ *Знебарвленні живих квітів сульфур (IV) оксидом:*

---

---

✓ *Одержанні пластичної сірки:*

---

---

✓ *Одержанні гелю силікатної кислоти:*

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

**Завдання №6. Індивідуальне завдання для здобувачів вищої освіти**

*6.1. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Неорганічна хімія» підберіть навчальний експеримент, який на вашу думку можна включити до лабораторного практикуму, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.*

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

\_\_\_\_\_

---

---

---

6.2. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Неорганічна хімія» підберіть демонстраційний експеримент, який на вашу думку можна виконати на лекції, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

**Дата виконання:**

**Підпис:**

### **Лабораторне заняття №10-11**

**Тема:** Техніка лекційного та навчального експерименту із **Фізичної хімії: підбір, організація, проведення.**

**Мета:** Сформувати у здобувачів вищої освіти професійні вміння планувати та проводити фізико-хімічні експерименти з термодинаміки, фазових рівноваг та електрохімії, поєднуючи точність наукових вимірювань із методикою наочного демонстрування законів хімії.

#### **Перелік рекомендованої літератури**

1. Камінський О. М., Чайка М. В., Денисюк Р. О., Чумак В. В., Панасюк Д. Ю. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Фізична хімія»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 115 с.
2. Лабораторний практикум з фізичної хімії для студентів хімічного факультету / Упорядн. В. К. Яцимирський, Б. В. Єременко, В. С. Судавцова, О. А. Белобородова, В. П. Казиміров, В. Я. Забуга, Д. А. Стахов, О. В. Іщенко, В. Л. Бударін, Л. П. Олексенко, М. Л. Малишева. - К.: ВЦ "Київський університет". 1999. - 148 с.
3. Фізична та колоїдна хімія. Лабораторний практикум: Навч. посіб. для студ. вищ. фармац. навч. закладів / В.І. Кабачний, В.П. Колеснік, Л.Д. Грицан та ін.; За ред. В.І. Кабачного. – Х.: ВидДво НФаУ: Золоті сторінки, 2004. – 200 с.

#### **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.

3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

### **Інструкція до виконання:**

#### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення значення точності вимірювань (калібрування приладів, врахування змін температури) у фізико-хімічному експерименті.*

#### **Контрольні запитання:**

1. У чому полягає дидактична особливість використання адіабатичного калориметра в навчальному експерименті?
2. Перелічіть критерії вибору між ртутним термометром Бекмана та цифровим термодатчиком при вимірюванні незначних змін температури?
3. Опишіть методику врахування «теплого значення» (сталої) калориметра при проведенні демонстрацій.
4. Яким чином можна забезпечити наочність процесу кипіння бінарних сумішей для великої аудиторії?
5. Проаналізуйте умови герметизації установок при вимірюванні тиску насиченої пари летких рідин.
6. Які переваги надає метод рефрактометрії для швидкого визначення складу фаз у лекційному експерименті?
7. Поясніть роль «розумового експерименту» при аналізі діаграм стану «температура – склад».
8. Пригадайте правила техніки безпеки, яких необхідно дотримуватися при роботі з легкозаймистими органічними розчинниками (толуол, ацетон) під час демонстрації фазових рівновагах ?
9. Як використовувати кондуктометрію для ілюстрації закону розведення Оствальда в динаміці?

*1.2. Виконання тестових завдань (наведених у методичних матеріалах до організації самостійної /*

індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.

### **Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.**

2.1. Обговорення важливості точності значень вимірювань (калібрування приладів, врахування дрейфу температури) у фізико-хімічному експерименті.

2.2. Аналіз методів перетворення «числових» результатів на зрозумілі графічні моделі в реальному часі (використання датчиків та проєкції екрана).

2.3. Обговорення можливостей унаочнення «непомітних» процесів (зміна тиску, тепловий ефект) для великої аудиторії.

### **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіт у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### **3.1. Зменшення об'єму при розчиненні (явище контракції)**

Продемонструвати відхилення властивостей реальних розчинів від ідеальних на прикладі системи «етанол – вода»; експериментально зафіксувати зменшення загального об'єму при змішуванні двох рідин та обґрунтувати це явище.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** мірні циліндри ємність 50 мл та 100 мл, маркер по склу (для нанесення контрольних міток), скляна паличка з гумовим наконечником для ретельного перемішування, дистильована вода, спирт етиловий, заздалегідь підфарбований красителем фуксином для отримання яскравого контрастного забарвлення.

**Рекомендації до виконання:** візьміть два мірні циліндри на 50 мл, налийте в них по 50 мл дистильованої води, воду з обох циліндрів перелийте у циліндр на 100 мл та залиште циліндр для порівняння. Візьміть два циліндри на 50 мл, в перший налийте 50 мл води, в другий – 50 мл спирту. Перелийте вміст обох циліндрів (воду та спирт) у циліндр на 100 мл, спочатку наливайте воду, а потім обережно додавайте підфарбований спирт. Зверніть увагу, що спочатку рідини можуть утворювати

видимі шари через різницю в густині. Візьміть скляну паличку та ретельно перемішайте суміш розчинів до повної однорідності кольору. Поставте циліндр на рівну поверхню демонстраційного столу і зафіксуйте об'єми маркером в першому та другому циліндрах.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

### ***3.2. Визначення теплоти нейтралізації хлоридної кислоти натрій гідроксидом***

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** калориметр (посудина Дьюара) з кришкою та отворами для датчика, магнітна мішалка, цифровий вимірювальний комплекс з цифровим термодатчиком (роздільна здатність не менше  $0,1^{\circ}\text{C}$ , краще  $0,01^{\circ}\text{C}$ ); мірні колби (на 100-250 мл) 2 шт., піпетки Мора або мірні циліндри, хімічні склянки (на 100-250 мл) 2 шт.; розчин хлоридної кислоти 0,1 М або 1,0 М, розчин натрій гідроксиду 0,1 М або 1,0 М (концентрації розчинів мають бути однаковими, або луг у невеликому надлишку температури розчинів мають бути також однаковими).

**Рекомендації до виконання:** *Етап 1. Підготовка цифрового вимірювального комплексу:* ввімкніть комп'ютер (або блок цифрової лабораторії), підключіть цифровий термодатчик та запустіть програмне забезпечення для збору даних. Налаштуйте параметри запису: частота опитування датчика – 1 вимірювання за секунду (1 Hz), загальна тривалість експерименту 3-5 хвилин. Виведіть на екран графік у координатах «Температура (Т,  $^{\circ}\text{C}$ ) – час (t, с мін/сек)». Добре промийте посудину Дьюара

дистильованою водою та промокніть фільтрувальним папером.

*Етап 2. Початковий період* (фіксація базової лінії): мірним посудом відміряйте 50 чи 100 мл розчину натрій гідроксиду та перелийте його в калориметр. Помістіть калориметр на платформу магнітної мішалки, увімкніть помірне перемішування (без утворення глибокої воронки та розбризкування). Опустіть цифровий термодатчик через отвір у кришці калориметра так, щоб його чутливий елемент був повністю занурений у розчин лугу, але не торкався магнітного якоря. Натисніть кнопку «Старт» / «Запис» у програмі. Зачекайте 1-1,5 хвилини, поки на екрані не сформується чітка горизонтальна пряма лінія (початкова температура системи  $T_1$ ).

*Етап 3. Виконання реакції нейтралізації*: Паралельно в окрему хімічну склянку відміряйте точно такий самий об'єм (50 або 100 мл) розчину хлоридної кислоти, переконайтеся що температура кислоти лугу однакові. Не зупиняючи запис даних на комп'ютері, швидко, але обережно здвиньте кришку калориметра і одним рухом перелийте розчин хлоридної кислоти до розчину натрій гідроксиду, закрийте швидко кришку. Спостерігайте за даними на екрані монітора, на графіку з'явиться різкий стрибок температури вгору. Продовжуйте перемішування та запис графіка протягом 1-2 хвилин (до досягнення максимуму, поки крива знову не стабілізується або не почне повільно опускатися). Зупиніть запис даних («Стоп»). Збережіть отриманий графік та екпортуйте таблицю значень для подальшої математичної обробки.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

#### **Завдання №4. Моделювання професійної діяльності**

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам*

##### **4.1. Демонстрація явищ тургору та плазмолізу в системах з напівпроникними плівками**

*Експериментально дослідити вплив осмотичного тиску зовнішнього розчину на стан рослинних клітин; продемонструвати явища тургору (у гіпотонічному середовищі) та плазмолізу (у гіпертонічному середовищі); визначити приблизну концентрацію клітинного соку шпинату.*

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** штатив для пробірок, 6 демонстраційних пробірок, мірні колби або циліндри для приготування розчинів солі, маркер по склу або етикетки для маркування пробірок, скальпель, натрій хлорид або натрій нітрат кристалічні, дистильована вода, свіже листя шпинату з черешками (6 шт. максимально однакового розміру).

**Рекомендації до виконання:** заздалегідь приготуйте розчини натрій хлориду наступних молярних концентрацій: 0,01; 0,1; 1,0; 3,0 та 4,0 моль/л. Помістіть 6 пробірок у штатив та пронумеруйте їх відповідно до концентрації солі (Пробірка №1 – чиста дистильована вода, №2 – 0,01 моль/л, №3 – 0,1 моль/л, №4 – 1,0 моль/л, пробірка №5 – 3,0 моль/л, №6 – 4,0 моль/л. Налийте в кожен пробірку відповідний розчин приблизно на 3/4 їхньої висоти. Візьміть 6 листків шпинату. Оновіть зріз кожного черешка скальпелем. У кожен з шести пробірок поставте по одному листку, занурюючи його черешком глибоко в розчин. Листова пластинка при цьому має залишатися над краєм пробірки для зручності візуального спостереження. Залиште штатив із пробірками на 24 години. Через добу оцініть зовнішній вигляд листків, ступінь пружності (на дотик) та кут нахилу листової пластинки відносно черешка. Чим вища концентрація солі в пробірці (максимальна у №6), тим інтенсивніше відбувається екзосмос (вода виходить із клітин назовні в

концентрований розчин солі), і тим сильнішим та очевиднішим є в'янення листка.

**Увага!** Листя шпинату обов'язково має бути свіжозрізаним, однакового розміру та пружним (в стані повного природного тургору). Якщо листя трохи зів'яло, дослід не дасть чіткої межі між станами. Зріз живця (черешка) рекомендується робити гострим лезом під водою безпосередньо перед зануренням у пробірку, щоб запобігти закупорюванню провідних судин бульбашками повітря.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

#### ***4.2. Залежність швидкості хімічної реакції від температури***

*Експериментально дослідити вплив температури на швидкість хімічної реакції; навчитися фіксувати час перебігу реакції за допомогою метронома або секундоміра; підтвердити теоретичне положення про те, що підвищення температури прискорює хімічні процеси.*

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** хімічні склянки місткістю 300-400 мл 4 шт., мірний циліндр на 250 мл, лабораторний термометр (до 100°C), газовий пальник, тринога з азбестовою сіткою або підкладкою (можна використати електричну плитку), секундомір), скляні палички; розчин натрій тіосульфату (для виготовлення розчину використовуйте 124 г солі на 1 л води). Для виготовлення розчину А: змішати 500 мл приготовленого розчину натрій тіосульфату, 16,6 г калій йодиду та 2-3 мл свіжовиготовленого розчину крохмалю. Розчин

сульфатної кислоти (для виготовлення використайте 50 мл концентрованої кислоти та 1 л води).

**Рекомендації до виконання:** *Етап 1.* Виконання досліду при кімнатній температурі (контрольний дослід): в одну хімічну склянку налийте 100 мл приготовленого розчину натрій тіосульфату (розчин А). У другу хімічну склянку налийте 50 мл розчину сульфатної кислоти. Виміряйте термометром температуру розчинів (вона має бути кімнатної температури, близько 20 °С). Одночасно злийте обидва розчини в чисту підготовлену склянку та швидко увімкніть секундомір. Спостерігайте за змінами у склянці. Протягом певного часу розчин залишається прозорим. Зафіксуйте час, який пройшов від моменту зливання розчинів до появи інтенсивної білої каламуті.

*Етап 2.* Виконання досліду при підвищеній температурі: відміряйте в одну склянку 100 мл розчину А, а в другу – 50 мл розчину сульфатної кислоти. Поставте склянки на електричну плитку та підігрійте обидва розчини до 35-40 °С. Одночасно злийте обидва розчини в чисту підготовлену склянку та швидко увімкніть секундомір. Спостерігайте за змінами у склянці. Протягом певного часу розчин залишається прозорим. Зафіксуйте час, який пройшов від моменту зливання розчинів до появи інтенсивної білої каламуті.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

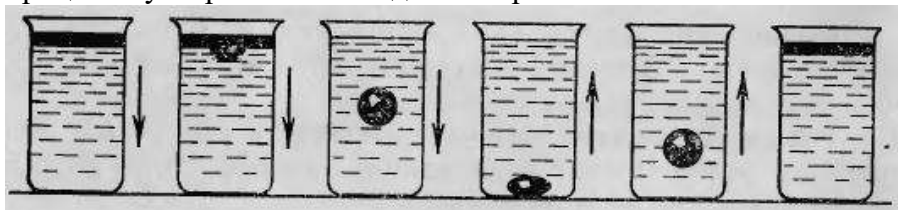
---

#### **4.3. Спостереження кулястої форми краплі аніліну у воді (Дослід Дарлінга)**

*Продемонструвати дію сил поверхневого натягу, за яких рідина в умовах відносної невагомості (коли сили тяжіння практично урівноважені виштовхувальною силою середовища) набуває своєї природної кулястої форми, а також проілюструвати залежність густини речовини від температури.*

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** анілін (свіжоперегнаний або очищений, 25-30 мл), дистильована вода велика термостійка хімічна склянка (1 л), мірний циліндр на 50 мл, електроплитка, піщана баня.

**Рекомендації до виконання:** хімічну склянку на 1 л наповнюють дистильованою водою, залишаючи приблизно 3 см від верхнього краю незаповненими, накривають годинниковим склом та нагрівають на електроплитці до кипіння. Склянку з окропом обережно переставляють на піщану баню (для підтримки води в гарячому стані протягом усього досліду). Мірним циліндром відміряють 25-30 мл аніліну. Зважаючи на те, що густина аніліну за кімнатної температури близька до густини води, його обережно вливають у гарячу воду. Спостерігають за процесом утворення та поведінкою краплі:



**Спосіб 2:** Спочатку в хімічну склянку наливають порцію аніліну, а потім до склянки доверху доливають холодну дистильовану воду. Склянку нагрівають спочатку на електроплитці, потім переносять на піщану баню, спостерігаючи аналогічний процес руху кулі аніліну.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

## Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:

---

---

---

### **4.4. Визначення залежності тиску насиченої пари рідини від температури (Динамічний метод Рено)**

*Експериментально визначити тиск насиченої пари досліджуваної рідини (наприклад, води або етанолу) за різних температур динамічним методом (за температурою кипіння); побудувати графік залежності  $P = f(T)$  та розрахувати теплоту випаровування рідини за рівнянням Клаузіуса-Клапейрона.*

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** водяна баня з електронагрівом і регулятором потужності, манометр (рідинний U-подібний або цифровий датчик тиску), водоструминний вакуумний насос, буферна місткість (скляний бутель на 3-5 л), термометр (з ціною поділки 0,1°C, занурений у парову фазу), круглодонна колба на 100-250 мл, зворотний холодильник Лібіха, насадка Вюрца (або триходовий), досліджувана рідина (дистильована вода, етанол або гексан), «кипілки» (шматочки порцеляни або капіляри).

**Рекомендації до виконання:** складіть установку та перевірте її на герметичність: у круглодонну колбу налийте досліджувану рідину (на ½ її об'єму, додайте 3-5 «кипілок»). Зберіть установку за схемою: колба з'єднується через насадку з термометром (ртутна кулька або датчик має перебувати на рівні відвідної трубки, повністю в парах рідини) та висхідним зворотним холодильником. Вихід із холодильника через систему скляних та вакуумних гумових трубок з'єднують із буферною місткістю, яка, підключена до манометра та вакуумного насоса. Перевірте систему на герметичність (перекрийте кран сполучення з атмосферою, вмкніть насос, закрийте вакуумний кран). Якщо рівень манометра не змінюється протягом 2-3 хвилин, система готова до роботи. Повністю відкрийте вакуумний кран і за допомогою насоса знижуйте тиск у системі до мінімально

можливого (наприклад, на 600-700 мм рт. ст. нижче атмосферного). Вимкніть нагрів водяної бані, у яку занурена круглодонна колба. Пам'ятайте, що за низького тиску рідина закипить за температури, значно нижчої від її звичайної точки кипіння. Уважно стежте за початком кипіння. Щойно рідина почне інтенсивно кипіти, а конденсат почне активно стікати з холодильника, температура на термометрі стабілізується. Це означає встановлення динамічної рівноваги між рідкою та пароподібною фазами. Зазначте першу точку: температуру кипіння  $T$  та відповідне значення тиску за манометром

( $P_{\text{залиш}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{маном}}$ ). Обережно і дуже повільно впустіть через триходовий кран буферної місткості невелику порцію повітря, піднімаючи тиск у системі на 40-50 мм рт. ст. (або 5–6 кПа). Кипіння в колбі миттєво припиниться, оскільки зовнішній тиск став вищим за тиск насиченої пари. Продовжуйте нагрівання водяної бані. Через деякий час рідина знову закипить за нової, вищої температури. Дочекавшись стабілізації показників термометра, зафіксуйте другу пару значень ( $T_2$  і  $P_2$ ). Повторіть процедуру (впускання повітря, припинення кипіння, нагрівання, нове кипіння) 6-8 разів, поступово наближаючи тиск у системі до атмосферного. Остання точка знімається при повністю відкритій до атмосфери системі. Вимкніть нагрів водяної бані. Після охолодження установки плавно вирівняйте тиск у системі з атмосферним.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

## ***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

*✓ Зменшення об'єму при розчиненні:*

---

---

---

*✓ Визначенні теплоти нейтралізації хлоридної кислоти натрій гідроксидом:*

---

---

---

*✓ Демонстрації явищ тургору та плазмолізу в системах з напівпроникними плівками:*

---

---

---

*✓ Спостереження кулястої форми краплі аніліну у воді:*

---

---

---

*✓ Визначення залежності тиску насиченої пари рідини від температури:*

---

---

---

*Запропонуйте шляхи виправлення помилок:*

---

---

---

---

---

---

## **Завдання №6. Індивідуальне завдання для здобувачів вищої освіти**

*6.1. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Фізична хімія» підберіть навчальний експеримент, який на вашу думку можна включити до лабораторного практикуму, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.*

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

6.2. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Фізична хімія» підберіть демонстраційний експеримент, який на вашу думку можна виконати на лекції, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Дата виконання:**

**Підпис:**

## Лабораторне заняття № 12

**Тема:** Техніка лекційного та навчального експерименту із Аналітичної хімії: підбір, організація, проведення.

**Мета:** Сформувати у здобувачів вищої освіти професійні вміння планувати та проводити аналітичні дослідження (якісні та кількісні аналізи), інтегруючи класичні методи осадження й титрування з інструментальними методами вимірювання для потреб вищої школи.

### Перелік рекомендованої літератури

1. Більченко М. М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Якісний аналіз. – Суми : Видавництво СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2010. – 152 с.
2. Бугаєвський О. А., Дрозд А. В. Науменко В. А., Юрченко О. І. Лабораторний практикум з аналітичної хімії / Під редакцією О.А.Бугаєвського і А.В.Дрозда. Харків: ХДУ, 1998. – 140 с.
3. Гордієнко О. А, Євсєєва М. В, Звездецька Н. С. Аналітична хімія. Частина 1. Якісний аналіз. Лабораторний практикум. - Вінниця: ВНТУ, 2008. - 112 с.
4. Кичкирук О. Ю. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з дисципліни «Аналітична хімія». 2-ге вид., випр. і доп. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 2023. 116 с.
5. Кичкирук О. Ю. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять вибіркової освітньої компоненти «Сорбційні методи в хімічному аналізі» / О. Ю. Кичкирук, Н. В. Кусяк. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 37 с.

### План заняття:

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

### Інструкція до виконання:

## ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення питань класифікації катіонів та аніонів, поняття аліквоти, стандартизацію титрантів та принципи роботи з аналітичними терезами.*

### **Контрольні запитання:**

1. Проаналізуйте сутність дробного та систематичного ходу аналізу в контексті проведення лекційних демонстраційних експериментів.
2. Які вимоги висуваються до аналітичних реакцій, що використовуються у навчальному експерименті (чутливість, селективність)?
3. Чим відрізняється техніка безпеки при роботі з їдкими лугами в аналітичній лабораторії?
4. Які особливості використання центрифугування для відокремлення осадів у мікрометодах?
5. Пригадайте техніку роботи на аналітичних вагах.
6. У чому полягає дидактична роль «німого» відеоексперименту при ідентифікації суміші аніонів?
7. Які критерії вибору індикатора для аргентометричного титрування в навчальному процесі?
8. Як забезпечити наочність операції екстракції при демонструванні розділення фаз?
9. Опишіть алгоритм підготовки іонообмінної колонки для навчального дослідження.

*1.2 Виконання тестових завдань (наведених у методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.*

### ***Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.***

- 2.1. *Обговорення етапів відбору проби, її розчинення, маскування заважаючих іонів та отримання аналітичного сигналу.*
- 2.2. *Обговорення питання візуалізації мікрористалоскопічних реакції або «стрибків титрування» для великої аудиторії (використання проекції мікроскопа та цифрових рН-метрів).*

2.3. Обговорення можливостей використання програмних комплексів (наприклад, MATCAD або Google Sheets) для статистичної обробки результатів паралельних визначень

### **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіти у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### **3.1. Якісне виявлення іонів Кальцію $\text{Ca}^{2+}$ мікрокристалоскопічним методом.**

Освоїти методику мікрокристалоскопічного дослідження; навчитися ідентифікувати іони Кальцію в розчині за характерною формою кристалів кальцій сульфату дигідрату (gipsu), який утворюється під час реакції.

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** мікроскоп з цифровою відеокамерою (біокулярний або монокулярний), нагрівальний прилад (електроплитка або пальник), тримач для предметного скла, 2-3 предметні скельця (добре знежирені), пластикові мікропіпетки 2 шт., фільтрувальний папір; 0,5 М розчин кальцій хлориду або кальцій нітрату, 2 М розчин сульфатної кислоти.

**Рекомендації до виконання:** перед виконанням досліду знежирте предметне скельце спиртом (бруд і жирові плями заважатимуть правильній кристалізації). Візьміть мікропіпетку та нанесіть на центр скла одну невелику краплю розчину солі Кальцію, іншою (чистою!) скляною паличкою поруч нанесіть одну краплю 2 М розчину сульфатної кислоти. Кінчиком скляної палички обережно з'єднайте ці дві краплі так, щоб вони утворили спільну межу (не перемішуйте інтенсивно). Візьміть предметне скло тримачем. Обережно, тримаючи скло високо над полум'ям пальника (або на краю плити), підігрійте його до початку легкого підсихання краплі по краях. **Увага!** Не доводьте краплю до кипіння або повного висихання! Розчин має лише трохи сконцентруватися, а кристалізація має відбуватися під час повільного охолодження. Зніміть скло з вогню і дайте йому охолонути протягом 1-2 хвилин. У цей момент починається

повільне зростання кристалів. Помістіть предметне скло на предметний столик мікроскопа, налаштуйте освітлення мікроскопа та встановіть спочатку мале збільшення щоб знайти межу з'єднання крапель, де концентрація реагентів є оптимальною для росту кристалів. Увімкніть цифрову відеокамеру та виведіть зображення на екран комп'ютера. Зафіксуйте різні форми кристалів (поодинокі довгі голки, призматичні форми, зірочки, схожі на хвіст ластівки тощо.). Сфотографуйте отримане зображення за допомогою відеокамери, порівняйте його з еталонними мікрофотографіями кристалів гіпсу.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

### ***3.2. Визначення загальної твердості водопровідної води комплексонометричним методом***

Ознайомитися з основами комплексонометричного титрування; експериментально визначити загальну твердість водопровідної води за допомогою Трилону Б; опанувати навички фіксації кінцевої точки титрування за допомогою металохромного індикатора.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** магнітна мішалка, штатив лабораторний з лапкою для бюретки, бюретка (на 25 мл), колби Ерленмеєра на 250 мл 3 шт., мірна піпетка (або піпетка Мора на 50 або 100 мл, аналітична пробірка, хімічна склянка на 100 мл), проба водопровідної (або колодязної) води, Трилон Б – натрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти ( $C = 0,05$  моль/л) (або 0,01 моль/л для м'якої води), амоніачний буферний

розчин рН = 10 (суміш амоній хлориду та амоній гідроксиду), еріохром чорний Т (0,5% спиртовий розчин).

**Рекомендації до виконання:** бюретку 2-3 рази промити дистильованою водою, а потім промити стандартним розчином. Закріпіть бюретку у штативі та заповніть її розчином вище нульової позначки. Злийте невелику кількість розчину в хімічну склянку для видалення бульбашок повітря з носика бюретки. Виставте рівень рідини точно на «0» за нижнім меніском. Мірною піпеткою відміряйте 50,00 мл (або 100,00 мл) досліджуваної водопровідної води і перенесіть в колбу Ерленмеєра для титрування, додайте до проби 5-7 мл амоніачного буферного розчину для створення стабільного середовища з рН = 10. На кінчику шпателя додайте суху суміш індикатора Еріохрому чорного Т (або 3-4 краплі його спиртового розчину) і обережно збовтайте. Повільно краплинами додавайте розчин з бюретки, уважно стежте за зміною забарвлення. Титрування вважається завершеним, коли від однієї краплі фіолетовий колір переходить у волошково-синій. Запишіть об'єм витраченого титранту з точністю до 0,05 мл. Повторіть титрування ще 2 рази. Для розрахунків використовують середнє значення об'єму із трьох паралельних титрувань (значення не мають відрізнятись між собою більше ніж на 0,1 мл). Виконайте математичну обробку результату за формулою:

$$X = \frac{C_{\text{ЕДТА}} \cdot V_{\text{ЕДТА}} \cdot 1000}{V_{\text{води}}}$$

$C_{\text{ЕДТА}}$  – молярна концентрація еквівалента розчину ЕДТА (Трилону Б),

$V_{\text{ЕДТА}}$  – середній об'єм розчину ЕДТА, витрачений на титрування,

$V_{\text{води}}$  – об'єм проби води, взятий для аналізу (50 або 100 мл),

1000 – коефіцієнт перерахунку об'єму в літри.

Результати обрахунків:

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

*Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам.*

**4.1. Якісне виявлення іонів Нікелю  $Ni^{2+}$  (реактивом Чугаєва)**

*Ознайомитися з методом виявлення іонів Нікелю  $Ni^{2+}$  специфічним реагентом (диметилгліоксимом); вивчити умови утворення та властивості хелатів.*

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів: Варіант 1.** демонстраційний хімічний бокал (можна використати товстостінну велика пробірка на 50-100 мл, скляна паличка, піпетки Пастера 3 шт., білий екран або аркуш паперу; 0,1 М або 0,5 М розчин нікель хлориду або нікель сульфату, 1% спиртовий розчин диметилгліоксиму (реагент Чугаєва), 10% або 25% водний розчин амоніаку.

**Рекомендації до виконання:** у демонстраційний бокал налейте 15-20 мл розчину солі Нікелю, візьміть піпетку Пастера та краплинами додайте 2-3 мл (30-40 крапель) 1% спиртового розчину диметилгліоксиму. Так як середовище розчину залишається слабкокислим видимих змін або утворення осаду не спостерігається. Вміст бокала обережно перемішайте скляною паличкою. До отриманої суміші по краплинах, постійно перемішуючи розчин, додавайте розчин амоніаку. Спочатку в місці падіння крапель амоніаку утворюється локальне малинове

забарвлення, яке зникає при перемішуванні. Згодом, коли середовище стає нейтральним або слабколужним по всьому розчину миттєво випадає інтенсивний, пухкий, яскраво-червоний осад комплексної солі. На цьому етапі припиніть додавання амоніаку. Бокал встановіть на фоні білого екрана. Спостерігайте за вмістом бокалу.

**Варіант 2. Виконання експерименту мікрометодом:** Візьміть смужку фільтрувального паперу (краще із синьою стрічкою), покладіть смужку фільтрувального паперу на суху чисту скляну пластинку. Нанесіть піпеткою на папір одну краплину (діаметром 3-5 мм) 1% спиртового розчину диметилглюксиму. Дайте спирту злегка випаруватися (зачекайте 10-15 секунд так щоб пляма стала ледь вологою). В центр утвореної плями іншим піпеткою нанесіть одну краплину солі Нікелю. Обробіть пляму розчином амоніаку (крапніть слабого розчину амоніаку) або потримайте папір над концентрованим розчином амоніаку, у центрі плями миттєво з'являється чітке, яскраво-рожеве або малинове кільце (або суцільна пляма) диметилглюксимату нікелю.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

#### ***4.2. Одержання потрійної молібденованадієво-фосфатної гетерополікислоти***

Ознайомитися з процесом утворення гетерополікомплексів в аналітичній хімії; порівняти оптичні властивості (інтенсивність забарвлення) подвійної та потрійної гетерополікислот;

продемонструвати метод підвищення чутливості аналітичних реакцій шляхом введення третього компонента.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** мірні циліндри на 25 мл, 100 мл, 500 мл, хімічні склянки на 500-600 мл 2 шт., скляні палички 2 шт., білий екран; 0,5% розчин калій дигідрофосфату, 10% розчин натрій молібдату, 2,5% розчин амоній ванадату, 2Н розчин сульфатної кислоти, дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:** спочатку приготуйте підкислений розчин калій дигідрогенфосфату: У великий мірний циліндр налийте 20 мл 0,5% розчину калій дигідрофосфату, додайте 100 мл 2Н розчину сульфатної кислоти (гетерополікислоти утворюються виключно в строго контрольованому кислому середовищі), додайте 400 мл дистильованої води, суміш ретельно перемішайте скляною паличкою. Одержаний розчин розділіть навпіл (по 260 мл) у дві однакові хімічні склянки. До першої склянки з розчином калій дигідрогенфосфату додайте 50 мл 10% розчину натрій молібдату, вміст склянки інтенсивно перемішайте та спостерігайте появу слабого жовтого забарвлення (відбувається перебіг оборотної реакції утворення подвійної гетерополікислоти  $\text{H}_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]$ ). До другої частини розчину калій дигідрогенфосфату додають 50 мл 2,5% розчину амоній ванадату, а потім прилийте 50 мл 10% розчину натрій молібдату, суміш інтенсивно перемішайте. Встановіть обидві склянки поруч на фоні білого екрана. Спостерігайте швидку появу інтенсивного жовто-оранжевого забарвлення потрібного гетерополікомплексу, в якому частина атомів Молібдену(VI) в ізополіаніонній структурі замінена на Ванадій(V).

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

**Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків**

Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:

✓ Якісного виявлення іонів Кальцію  $\text{Ca}^{2+}$   
мікрокристалоскопічним методом:

---

---

---

✓ Визначення загальної твердості водопровідної води комплексометричним методом:

---

---

---

✓ Якісного виявлення іонів Нікелю  $\text{Ni}^{2+}$ :

---

---

---

✓ Одержання потрібної молібденованадієво-фосфатної гетерополікислоти:

---

---

---

Запропонуйте шляхи виправлення помилок:

---

---

---

---

---

---

---

**Завдання №6. Індивідуальне завдання для здобувачів вищої освіти**

*6.1. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Аналітична хімія» підберіть навчальний експеримент, який на вашу думку можна включити до лабораторного практикуму, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.*

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6.2. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Аналітична хімія» підберіть демонстраційний експеримент, який на вашу думку можна виконати на лекції; зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Дата виконання:**

**Підпис:**

## Лабораторне заняття №13-14

**Тема:** Техніка лекційного та навчального експерименту з Органічної хімії: підбір, організація, проведення.

**Мета:** Сформувати у здобувачів вищої освіти систему професійних умінь щодо організації та проведення експериментів з органічними сполуками, опанувати навички проведення органічного синтезу, виділення та ідентифікації речовин у межах лекційного та навчального експерименту, з акцентом на пожежну безпеку та методику візуалізації мікропроцесів.

### Перелік рекомендованої літератури

1. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Методи синтезу органічних сполук» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (видання друге, виправлене) / Уклад.: В. В. Листван, Н. В. Кусяк, О. Ю. Кичкирук. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 18 с.
2. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Органічна хімія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (видання друге, виправлене) / Укладач: В. В. Листван. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с.
3. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Хімія полімерів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / В. В. Листван, В. О. Віленський, І. В. Янович. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 30 с.
4. Листван В. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з навчальної дисципліни «Хімія ароматичних і гетероциклічних сполук» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності 102 Хімія / В. В. Листван, В. О. Віленський, О. У. Кондратенко. — Житомир : Вид.-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022 – 27 с.

5. Шевченко О. В. Лабораторний практикум з органічної хімії : практикум / О. В. Шевченко, К. В. Буренкова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2021. – 176 с.; табл., рис.
6. Кузнецова Т. Ю. Лабораторний практикум з органічної хімії : навчальний посібник. Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2023. 193 с.

### **План заняття:**

1. Організаційний етап та вхідний контроль знань.
2. Методичний брифінг та дискусія.
3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).
4. Моделювання професійної діяльності.
5. Рефлексія та підбиття підсумків

### **Інструкція до виконання:**

#### ***Завдання №1. Організаційний етап та вхідний контроль знань***

*1.1. Обговорення властивостей вогнебезпечних органічних розчинників, правила нагрівання на водяних банях та специфіку роботи у витяжній шафі.*

#### **Контрольні запитання:**

1. Які основні правила пожежної безпеки при роботі з етерами та спиртами в умовах аудиторії?
2. Проаналізуйте умови використання водяної, піщаної та повітряної бань при нагріванні органічних сумішей.
3. Чим відрізняється техніка проведення реакції етерифікації в навчальному експерименті порівняно з препаративним синтезом?
4. Які критерії вибору холодильника (повітряний чи водяний) при проведенні перегонки органічних рідин?
5. Як забезпечити наочність операції екстракції йоду при демонструванні розділення фаз у ділільній лійці?
6. Опишіть методику підготовки «німого» відеоексперименту для теми «Вуглеводні».

7. Яку роль відіграє «розумовий експеримент» при плануванні ланцюгів синтезу органічних сполук?
8. Як за допомогою **MolView** візуалізувати просторову будову цис- та транс-ізомерів під час лекції?
9. Які вимоги висуваються до герметичності приладів при добуванні та спалюванні ацетилену?
10. Проаналізуйте методичні помилки викладача, що можуть призвести до розбризкування концентрованої сульфатної кислоти при змішуванні її зі спиртами.

1.2. Виконання тестових завдань (наведених у методичних матеріалах до організації самостійної / індивідуальної роботи) для перевірки знань про класифікацію посуду та правила техніки безпеки.

### **Завдання №2. Методичний брифінг та дискусія.**

2.1. Обговорення тривалості синтезів та методів їх адаптації до часових меж уроку/лекції (схематизація техніки)

2.2. Аналіз використання запахів (естерифікація) та кольорових переходів (якісні реакції) як засобів підвищення мотивації здобувачів вищої освіти.

2.3. Обговорення використання сервісу Chemix для створення візуальних схем приладів (синтез, перегонка) та MolView для 3D-моделювання молекул.

### **Завдання №3. Виконання експериментів (натурний експеримент/ моделювання).**

Робота здобувачів вищої освіт у малих групах, виконання завдання з моделювання та апробації запропонованого обладнання:

#### **3.1. Дегідратація етанолу та дослідження властивостей етилену**

Засвоїти лабораторний метод одержання етилену (етену) шляхом внутрішньомолекулярної дегідратації етанолу; експериментально довести ненасичений характер етилену за допомогою якісних реакцій (окиснення та приєднання).

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** лабораторний штатив із лапкою та муфтою, газовий пальник, демонстраційна пробірка термостійка (або колба Вюрца місткістю 50-100 мл),

корок з газовідвідною трубкою, промивна склянка (або допоміжна пробірка) для очищення газу, хімічні пробірки, етанол (96%-й ректифікат) 4-6 мл, концентрована сульфатна кислота 12-18 мл (об'ємне співвідношення спирту до кислоти має бути 1:3), 10% розчин натрій гідроксиду (слугує як промивний розчин), бромна вода, 1% водний розчин калій перманганату, «кипільки».

**Рекомендації до виконання:** у колбу Вюрца наливаю 4-6 мл етанолу, невеликими порціями обережно (при постійному струшуванні та охолодженні пробірки) додають 12-18 мл концентрованої сульфатної кислоти. У суміш опускають дрібку чистого прожареного кварцового піску (або «кипілок»). Колбу Вюрца закріплюють в лапці лабораторного штатива, закривають корком з газовідвідною трубкою. Для лекційної демонстрації трубку спочатку під'єднують до промивної склянки з розчином натрій гідроксидом, щоб очистити етен від домішок сульфур(IV) оксиду. Беруть дві пробірки, в першу наливають 2-3 мл бромної води, в другу – 2-3 мл розчину калій перманганату. Обережно прогрівують усю пробірку полум'ям пальника, а потім починають інтенсивно нагрівати безпосередньо реакційну суміш. *Взаємодія з бромною водою та розчином калій перманганату.* Беруть дві пробірки, в першу наливають 2-3 мл бромної води, в другу – 2-3 мл розчину калій перманганату. Кінець газовідвідної трубки (з якої виділяється етен) занурюють у першу пробірку з бромною водою. Спостерігають швидке знебарвлення розчину. Після чого кінець газовідвідної трубки занурюють в розчин калій перманганату, спостерігають побуріння та знебарвлення розчину.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

### **3.2. Екстракція хлорофілу з листя шпинату та спостереження за флуоресценцією під ультрафіолетовим світлом**

*Виділення хлорофілу з листя шпинату за допомогою спирту та спостереження за змінами його кольору під впливом ультрафіолетового (УФ) світла.*

**Перелік обладнання, оснащення, реактивів:** листя шпинату (свіже), етанол, ступка, вата (для фільтрації), ультрафіолетова лампа, пробірка лабораторна, хімічна склянка на 50-100 мл, лійка.

**Рекомендації до виконання:** візьміть кілька листків шпинату, добре промийте їх водою, щоб видалити бруд і пил. Покладіть листя в ступку і подрібніть до однорідної пасти. Додайте до подрібненого листя 20 мл етанолу (спирт має повністю покрити подрібнене листя). Залиште суміш на 30-60 хв для кращого ефекту. Після екстракції хлорофілу в спирт, обережно перелийте розчин через фільтрувальну вату в чисту ємність. Перелийте екстракт хлорофілу у прозору пробірку. Помістіть ємність під ультрафіолетову лампу.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення:** \_\_\_\_\_

---

---

---

---

***Завдання №4. Моделювання професійної діяльності***

Здобувач вищої освіти постає у ролі викладача, виконує демонстраційний експеримент та пояснює техніку виконання, правила техніки безпеки одногрупникам

#### **4.1. Окиснення глюкози калієм перманганатом в лужному середовищі («Хімічний хамелеон»)**

Продемонструвати відновні властивості глюкози в лужному середовищі; дослідити ступінчастий характер відновлення перманганат-іону та простежити залежність забарвлення сполук Мангану від його ступеня окиснення.

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** хімічні склянки (на 250-300 мл) 2 шт, колба Ерленмеєра (на 500 мл), мірні циліндри (50 мл та 100 мл), скляна паличка, білий екран або аркуш паперу; глюкоза (кристалічна або d-глюкоза) 3-5 г., натрій гідроксид або калій гідроксид 3-5 г, дуже розведений розчин калій перманганату калію, дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:** *Етап 1.* Приготування вихідних розчинів: розчин А (відновник та лужне середовище): У першу хімічну склянку наливають 100-150 мл дистильованої води та додають 3-5 г кристалічної глюкози та 3-5 г натрій гідроксиду, ретельно перемішують до повного розчинення кристалів. Розчин Б (окисник): У другу хімічну склянку наливають 100-150 мл дистильованої води та додають кілька мікрокристалів калій перманганату (щоб утворився прозорий розчин рожевого кольору). *Етап 2.* Перед початком зливання розчинів встановлюють колбу Ерленмеєра (на 500 мл) на фоні білого екрана. Переливають у неї *Розчин А* (суміш глюкози та лугу). Увага! Одним швидким рухом, обережно вливають *Розчин Б* (розчин перманганату) і злегка збовтують її для перемішування. Спостерігають поетапну зміну кольорів: фіолетовий – синій – темно-зелений – жовто-оранжевий.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

## Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:

---

---

---

---

### 4.2. Синтез грушевої есенції (синтез ізоамілацетату)

**Перелік обладнання оснащення, реактиви:** Лабораторний штатив із лапкою та муфтою, Водяна баня з електричним нагрівом, велика термостійка пробірка або круглодонна колба на 50 мл, Зворотний повітряний холодильник (можна використати довгу скляну трубку, підібрану до пробки пробірки), хімічна склянка на 100 мл), піпетки Пастера 3 шт, «Кипілки», ізоаміловий спирт (3-метилбутан-1-ол) 2 мл, льодяна оцтова (етанова) кислота 2 мл, концентрована сульфатна кислота, насичений розчин натрій хлориду або холодна дистильована вода 20-30 мл.

**Рекомендації до виконання:** у суху термостійку пробірку піпеткою вносять 2 мл ізоамілового спирту, додають 2 мл льодяної оцтової кислоти. Дуже обережно, по краплинах, постійно струшуючи пробірку, додають 3-4 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Поміщують у суміш 1-2 «кипілки». Пробірку закривають пробкою, у яку герметично вставлена довга вертикальна скляна трубка, що виконує роль зворотного повітряного холодильника. Пари спирту та кислоти, піднімаючись трубкою, охолоджуються повітрям, конденсуються і стікають назад. Пробірку закріплюють у лапці лабораторного штатива і занурюють її нижню частину в киплячу водяну баню. Реакційну суміш нагрівають на водяній бані протягом 15-20 хвилин. Ознакою перебігу реакції є поява легкого специфічного ефірного запаху. Після закінчення нагрівання пробірку виймають із водяної бані та дають їй охолонути до кімнатної температури на повітрі. Від'єднують повітряний холодильник. У хімічну склянку наливають 20-30 мл насиченого розчину натрій хлориду або дуже холодної води.

Охолоджену реакційну суміш обережно виливають у склянку з водою (розчином солі).

**Основні помилки, які можуть траплятися при експлуатації:**

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

### **4.3. Виявлення та кількісне оцінювання вмісту вітаміну С (аскорбінової кислоти) у соках**

Ознайомитися з хімічними властивостями та відновною здатністю аскорбінової кислоти; опанувати метод візуального йодометричного титрування; порівняти відносний вміст вітаміну С у різних зразках соків (натуральних та пакетованих).

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** колби Ерленмеєра на 250 мл 3 шт., бюретка на 10-25 мл чи градуйована піпетка Пастера, аналітична мірна пробірка на 10 мл, скляні хімічні палички, паперові фільтри або марля (для фільтрування), зразки соків (наприклад: свіжовичавлений сік лимона або апельсина, пакетований сік яблучний), титрант – 0,005 М або 0,01 М водно-спиртовий розчин йоду, свіжовиготовлений 1% водний розчин крохмалю, дистильована вода.

**Рекомендації до виконання:** свіжовичавлений сік варто попередньо профільтрувати через 2-3 шари марлі або складчастий паперовий фільтр. Пакетовані соки (без м'якоті) можна використовувати без попередньої підготовки. У конічну колбу для титрування піпеткою вносять 10,00 мл досліджуваного соку та додають 20-30 мл дистильованої води. Вносять у колбу 1-2 мл 1% розчину крохмалю, ретельно збовтують суміш коловими рухами. Бюретку промивають робочим розчином та заповнюють робочим розчином йоду

відомої концентрації. Колбу із сумішшю соку, води та крохмалю поміщають під бюретку на білий аркуш паперу. Титрують повільно, по краплях, розчином йоду. Спочатку колір соку не змінюється, оскільки йод миттєво відновлюється аскорбіною кислотою до безбарвних йодид-іонів, титрування завершують, коли від однієї краплі розчину йоду забарвлення суміші в колбі різко і незворотно зміниться (на відтінки блакитного, синього-голубого або брудно-зеленого в залежності від соку). Забарвлення вважається стійким, якщо воно не зникає протягом 15-20 секунд. Записують об'єм витраченого розчину йоду, дослід повторюють щонайменше тричі, використовують середнє значення об'єму для розрахунків. Розрахунки проводять за формулою:

$$m(\text{вітаміну C}) = C(I_2) \cdot V(I_2) \cdot 176,12$$

де,

$C(I_2)$  – молярна концентрація розчину йоду, моль/л;

$V(I_2)$  – об'єм розчину йоду, витрачений на титрування, мл.

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

---

---

---

---

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

---

---

---

---

### ***Завдання №5 Рефлексія та підбиття підсумків***

*Проаналізуйте яких помилок допустились здобувачі вищої освіти під час:*

✓ Дегідратації етанолу та дослідження властивостей етилену: \_\_\_\_\_

✓ Екстракції хлорофілу з листя шпинату та спостереження за флуоресценцією під ультрафіолетовим світлом: \_\_\_\_\_

✓ Окиснення глюкози калієм перманганатом в лужному середовищі («Хімічний хамелеон»): \_\_\_\_\_

✓ Синтезу грушевої есенції: \_\_\_\_\_

Запропонуйте шляхи виправлення помилок: \_\_\_\_\_

### **Завдання №6. Індивідуальне завдання для здобувачів вищої освіти**

6.1. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Органічна хімія» підберіть навчальний експеримент, який на вашу думку можна включити до лабораторного практикуму, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті

або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.

**Назва:** \_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*6.2. На основі аналізу змісту робочої програми освітньої компоненти «Органічна хімія» підберіть демонстраційний експеримент, який на вашу думку можна виконати на лекції, зазначте необхідне обладнання, оснащення та реактиви; опишіть детальну інструкцію до його виконання, виконайте експеримент на лабораторному занятті або зніміть його відео та віддайте на перегляд для оцінювання викладачу.*

**Назва:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Перелік обладнання оснащення, реактивів:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Рекомендації до виконання:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Основні помилки, які можуть траплятись під час виконання:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Рекомендації щодо шляхів виправлення можливих помилок:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Дата виконання:**

**Підпис:**

**Лабораторне заняття № 15  
ПМКР №1**