

Житомирський державний університет  
імені Івана Франка  
Природничий факультет  
Кафедра хімії

## ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Обов'язкової освітньої компоненти

«СУЧАСНА ХІМІЯ ТА РОЗВИТОК СУСПІЛЬСТВА»

для підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої  
освіти

Галузь знань	01 Освіта/ Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.06 Середня освіта (Хімія)
Спеціалізація	-
Освітня програма	«Середня освіта (Хімія)»
Факультет / ННІ	природничий

Автори:

к.х.н. доцент **Камінський Олександр**,  
д.х.н., старший науковий співробітник  
**Тігов Юрій**,  
доктор філософії з галузі знань Хімічна  
та біоінженерія **Писаренко Сніжана**,  
доктор філософії з галузі знань 01  
Освіта/Педагогіка, доцент кафедри хімії  
**Євдоchenko Олена**,  
**Панасюк Дмитро**

Розглянуто та схвалено  
на засіданні кафедри хімії  
Протокол від «15» червня 2024 р. № 23  
Завідувач кафедри Олена АНІЧКІНА

Житомир 2024

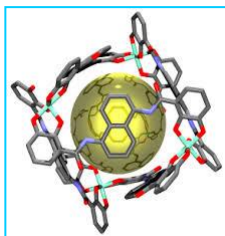
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА  
ПРИРОДНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ХІМІЇ

*Камінський О.М., Тітов Ю. О., Писаренко С.В.,  
Євдоченко О.С., Панасюк Д. Ю.*

*Інструктивно – методичні матеріали до  
лабораторних занять*

# СУЧАСНА ХІМІЯ ПІА РОЗВИТОК СУСПІЛЬСТВА

для здобувачів другого (магістерського) рівня  
вищої освіти предметної спеціальності  
014.06 Середня освіта (Хімія)



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

П.І. здобувача

Житомир – 2024

УДК 378.147:543.2:543.422.7

I-72

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного  
університету імені Івана Франка  
(протокол № 11 від «25» червня 2024 р.)*

#### **Рецензенти:**

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

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

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

**Камінський О.М., Тітов Ю.О., Писаренко С.В., Євдоченко О.С., Панасюк Д. Ю.**

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Сучасна хімія та розвиток суспільства»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 67 с.

© Камінський О. М., 2024

© Тітов Ю. О., 2024

© Писаренко С.В., 2024

© Євдоченко О.С., 2024

© Панасюк Д. Ю., 2024

© Житомирський державний  
університет імені Івана Франка, 2024

## ЗМІСТ:

	<b>ВСТУП</b>		<b>6</b>
	<b>КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ</b>		<b>6</b>
1	Лабораторне заняття № 1	Тема: Вступ. Історія виникнення, диференціації та розвитку хімічних наук ХХ – ХХІ сторіччя	<b>8</b>
2	Лабораторне заняття № 2	Тема: Основні поняття та об'єкти супрамолекулярної хімії. Одержання комплексних сполук елементів типу «гість-хазяїн»	<b>13</b>
3	Лабораторне заняття № 3	Тема: Основи фотохімії. Вивчення фотокаталітичних процесів розкладу харчових барвників	<b>24</b>
4	Лабораторне заняття № 4	Тема: Основні поняття «Зеленої хімії». «Зелені» відновники, окисники та розчинники в сучасному синтезі	<b>29</b>
5	Лабораторне заняття № 5	Тема: Колориметричне визначення іонів Феруму у природних водах. Аргентометричне визначення хлоридів у воді	<b>36</b>
6	Лабораторне заняття № 6	Тема: Міжнародні системи класифікації хімічної продукції та піктограми небезпеки	<b>42</b>
7	Лабораторне заняття № 7	Тема: Вивчення кількісних характеристик деяких харчових продуктів	<b>50</b>
8	Лабораторне заняття № 8	Тема: Порівняльний аналіз сучасних золь-гель процесів	<b>57</b>
9	Лабораторне заняття № 9	Тема: Розв'язування розрахункових задач	<b>63</b>
10	Лабораторне заняття № 10	Тема:МКР № 1 «Сучасна хімія»	<b>67</b>

## **ВСТУП**

Обов'язкова освітня компонента “Сучасна хімія та розвиток суспільства” вивчається здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти на першому курсі і відповідає освітньо-професійній програмі Середня освіта (Хімія).

### **КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ**

Оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою»

[https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya\\_zvo.pdf](https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf).

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти за всіма видами навчальних робіт проводиться за поточним, модульним та підсумковим контролем.

Кожен здобувач вищої освіти має виконати обов'язкові завдання, передбачені інструктивно-методичними матеріалами до лабораторних робіт, методичними рекомендаціями до організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти, силабусом, навчальною та робочою програмою освітньої компоненти.

Результати учбової діяльності здобувачів вищої освіти оцінюються в балах, відповідно до виду діяльності. Визначений мінімум балів, який необхідно набрати для отримання заліку в I-му та II-му семестрах, зазначений в робочій програмі навчальної дисципліни.

### **Критерії оцінювання**

№	Тема	Т	ТО	ЕР	ПЗ	Д
		15	25	50	50	10
1	ІВДРХН					
2	ОПОСХ					
3	ОФВФП					
4	МКР 1	100				
5	ОПЗХ					
6	КВІФ					
7	МСКХП					
8	ВКХХП					
9	ПАЗГП					
10	РРЗ					

11	МКР 2	100
	Рейтинг	100

Позначення тем: ІВДРХН – Вступ. Історія виникнення, диференціації та розвитку хімічних наук ХХ – ХХІ сторіччя; ОПОСХ – Основні поняття та об'єкти супрамолекулярної хімії. Одержання комплексних сполук елементів типу «гість-хазяїн»; ОФВФП – Основи фотохімії. Вивчення фотокаталітичних процесів розкладу харчових барвників; МКР 1 - «Основні поняття сучасної хімії», ОПЗХ – Основні поняття «Зеленої хімії». «Зелені» відновники, окисники та розчинники в сучасному синтезі; КВІФ – Колориметричне визначення іонів Феруму у природних водах. Аргентометричне визначення хлоридів у воді; МСКХП – Міжнародні системи класифікації хімічної продукції та піктограми небезпеки; ВКХХП – Вивчення кількісних характеристик деяких харчових продуктів; ПАЗГП – Порівняльний аналіз сучасних золь-гель процесів; РРЗ – Розв'язування розрахункових задач; МКР – МКР № 2 «Роль сучасної хімії для розвитку суспільства».

Види діяльності на занятті: **Т** – тестовий контроль знань; **ТО** – теоретичне опитування; **ЕР** – виконання експериментальної роботи; **ПЗ** – виконання практичних завдань; **Д** – презентація підготовленої доповіді.

## МОДУЛЬ 1: «СУЧАСНА ХІМІЯ ТА СУСПІЛЬСТВО»

Лабораторне заняття № 1

**Тема:** *ВСТУП. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ, ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ ХІМІЧНИХ НАУК ХХ – ХХІ СТОРІЧЧЯ*

**Мета:** ознайомитися з історією розвитку та диференціації сучасних хімічних наук у ХХ – ХХІ сторіччях.

**Основні поняття:** історія виникнення та розвиток сучасних хімічних наук, супрамолекулярна хімія, нанохімія, фотохімія, «зелена» хімія, хімічна технологія та синтез, харчова хімія, фармацевтична хімія.

### **План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

### **Інструкція до виконання:**

#### *2. Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

#### *3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

### ***Контрольні запитання/завдання***

1. Вступ до сучасної хімії.
2. Історія розвитку та диференціації хімічних наук на межі ХХ – ХХІ ст.
3. Виникнення та розвиток супрамолекулярної хімії.
4. Виникнення та розвиток нанохімії та нанотехнологій.
5. Поняття хімії високих енергій та її диференціація.
6. Створення «зеленої» хімії та її розвиток.
7. Сучасна хімічна технологія та синтез.
8. Історія становлення та розвитку харчової хімії.
9. Сучасна фармацевтична хімія.

## ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ХІМІЧНИХ НАУК НА МЕЖІ ХХ – ХХІ СТ.

Наука як вчення про природу пройшла довгий тернистий складний шлях розвитку від елементарних прикладних знань до розуміння складних закономірностей, правил, природних явищ, розвитку суспільства в цілому та людського мислення зокрема. Перші елементарні наукові знання з'явилися в давнину у зв'язку з потребами суспільної практики та мали суто практичний характер, формуючись у різноманітних ремеслах. Пізнання навколишнього світу дозволяло поліпшити умови життя, побуту людей ще на початку розвитку у доцивілізаційний період. Протягом усієї історії розвитку людства практичний досвід накопичувався, узагальнювався та передавався наступним поколінням, спочатку в усній формі (традиції, ритуали, спостереження, освоєння певних вмій та навичок тощо), а пізніше також у письмовій формі. Наука стародавнього світу не ділилася на окремі галузі знань і мала риси так званої натурфілософії.

Досить значна диференціація хімічних наук відбулася на зламі ХVІІІ – ХІХ століть, що пов'язано з відкриттям хімічних елементів, речовин, методів дослідження сполук, відкриття та пояснення різноманітних закономірностей та процесів виробництва тих чи інших речовин. В цей період формуються основи неорганічної, органічної, фізичної, аналітичної хімії, основ хімічного виробництва тощо. Вже наприкінці ХІХ - на початку ХХ ст. промислова та науково-технічна революція призвела до зміни наукової картини світу. Фізика перейшла на рівень мікросвіту завдяки практичного доведення існування атомів та молекул, відкриттю електрона, атомного ядра та інших елементарних частинок, розроблено основи квантової механіки та хімії, з'явилось вчення про періодичність та хімічний зв'язок, відкрито явище радіоактивності, фотоелектру, виявлено двоїсту природу світла, матеріальних частинок, випромінювання та інше.

У ХХ ст. стрімко розвивалася та диференціювалася хімічна наука. Завдяки новітнім досягненням, фізики, хімії, біології, математики та інших наук отримали розвиток молекулярна біологія та біохімія, генетика, селекція, фізична хімія, фізико – хімічні методи дослідження речовин, кібернетика, біотехнологія тощо.

Вже наприкінці ХХ ст. та в умовах сьогодення різко змінився напрямок наукових досліджень та підхід до вивчення різноманітних явищ природи, які розглядалися у контексті сучасних знань. На місце відокремленості різноманітних фундаментальних наук приходять їх поєднання та гармонічна взаємодія, інтеграція одна в одну. Тепер будь-який об'єкт природи або явище починає вивчатися у комплексі суміжних



наук, що відкриває шлях для впровадження сучасних технологій, синтезу речовин з наперед заданими властивостями, вивчення різноманітних об'єктів під новим кутом тощо.

На сьогоднішній час існує величезна кількість нових перспективних хімічних наук, які поєднують в собі новітні досягнення сучасної природничої науки та враховують потреби суспільства.



Однією із таких сучасних наук є *супрамолекулярна хімія* або *супермолекулярна хімія*.

Термін «Супрамолекулярна (супермолекулярна) хімія» запропоновано Нобелівським лауреатом, французьким хіміком *Жаном Марі Леном* у 1978 році.

Вчений визначає дану науку як хімію молекулярних ансамблів і міжмолекулярних зв'язків». Згодом даний термін багато разів переформулювали. Наприклад, Лен визначає дану науку як: «Супрамолекулярна хімія – цехімія за межами молекули, що вивчає структуру і функції асоціацій двох або більше хімічних часток, утримуваних разом міжмолекулярними силами».

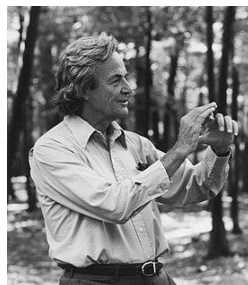
Перспективи розвитку цієї науки включають створення нових функціональних матеріалів, таких як нецентросиметричні кристали для нелінійної оптики, вироби для магнітного захисту від низькочастотних полів, молекулярні та нанорозмірні магнітні матеріали для надщільного запису інформації, високоселективні адсорбенти та сенсори, контейнери для зберігання і транспортування газів. Також перспективи хімії супермолекул охоплюють створення речовин-матриць для молекулярного розпізнавання, селективного вилучення, розділення та концентрації речовин, високоефективних матеріалів для стереоспецифічного селективного гетерофазного каталізу. Крім того, нові матеріали та технології знайдуть застосування в інформаційних технологіях, енергетиці, біохімії та медицині.

Фактично в цей період в історії науки інтенсивно розвивається ще одна перспективна галузь хімічних знань – *нанохімія*. Нанохімія – розділ міждисциплінарних наук, де об'єктами вивчення є тіла, розмір яких лежить у діапазоні 1-100 нм. Відмінною особливістю нанохімії від всіх інших сучасних наук є наявність розмірного ефекту, форми частинок та його впливу на властивості речовин.

Наприклад, наночастинки, які складаються із золота, володіють добре вираженими каталітичними, феромагнітними, оптичними властивостями, набором яких можна керувати технологічно, підібравши оптимальний метод синтезу. Такі частинки здатні поглинати та

розсіювати світло, вини володіють достатньою хімічною стійкістю, є нетоксичними та біосумісними з організмами живих істот. Наночастинки золота є перспективними для створення біосенсорів, наносхем, оптичних пристроїв нового покоління тощо.

“Батьком-засновником” науки нанохімії вважається Нобелівський лауреат, американський фізик **Річард Філіпс Фельдман**, який запропонував даний термін ще у 1959 році. Хоча сам термін «нанохімія» широко увійшов у наукову термінологію лише на початку 90-х років ХХ ст.



Вперше термін «нанотехнології», як метод одержання наночастинок, використав у своїй роботі японський вчений НоріоТанігуті у 1974 році. На сьогоднішній час понад 50 країн світу є передовими у розвитку нанотехнологій. До них належать: США, Канада, Японія, Китай, Велика Британія тощо.

У поняття «**хімії високих енергій**» на сучасному етапі розвитку науки входять всі розділи сучасної хімії, які використовують будь-яку джерело випромінювання для дослідження закономірностей протікання різноманітних хімічних процесів. Даний термін набув широкої популярності серед вчених на початку 2000-х років.

Наприклад, «**фотохімія**» - це розділ хімії, що вивчає можливість проходження хімічних процесів під дією світлового випромінювання;

«**Сонохімія**» вивчає процеси, які відбуваються під дією мікрохвильового та ультразвукового випромінювання;

«**Радіохімія**» - це розділ хімії, який вивчає хімічні процеси, що відбуваються під впливом радіоактивного випромінювання.

В історії сучасної хімічної науки відкрито нову сторінку, яка дозволяє поєднання ідей різних галузей знань – «**Зеленої хімії (Green Chemistry)**». Унікальністю «Green Chemistry» є те, що вона як нова наука має широкий набір міждисциплінарних зв'язків, пов'язаних із синтетичною органічною хімією, фізичною та аналітичною хімією, токсикологією, біотехнологією та іншими технічними науками.

При всій наявній сукупності філософських досліджень і публіцистичних матеріалів наукові межі «зеленої хімії» в повній мірі ще не досліджені.

Поняття «Green Chemistry» з одного боку передбачає отримання необхідних речовин найбільш безпечним способом (хімічні процеси потрібні наближатися до природніх), а з іншого – включає ретельний відбір вихідних матеріалів і процесів, які виключають використання шкідливих речовин, відмову від токсичних та небезпечних хімічних

сполук, орієнтацію на промислові процеси, що не забруднюють довкілля, а також відповідальність науковців і виробників за продукти, які вони створюють.



«*Батьком*» Зеленої хімії вважається професор Йельського університету **Пол Анастас**.

«GREEN CHEMISTRY», яка виникла наприкінці 90-х рр. ХХ ст., базується на використанні 12 принципів, сформульованих Анастасом та Уорнером у 1998 році.

«Зелену хімію» прийнято називати «*новою думкою*» у хімії та філософією сучасних хімічних досліджень. Основним світоглядним орієнтиром зеленої хімії є співеволюція людини та природи, а також подальше збереження біосфери. Її можна розглядати як новітню хімічну філософію та намагатися впроваджувати її принципи та ідеї в підготовку наступного покоління дослідників природничих наук.

#### *4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

##### **Теми повідомлень:**

Жан Марі Лен – засновник супрамолекулярної хімії

Фотохімія, сонохімія, радіохімія – історія виникнення та використання хімії високих енергій

Сучасний синтез та технологія, їх значення для суспільства

Розмірний ефект та нанохімія матеріалів

Засновники «GreenChemistry» та її значення для суспільства

### **Рекомендована література**

#### ***Основна:***

1. Академічна еліта хімії в Україні: навчальний посібник / Григорій Олександрович Ковтун; В.о. НАН України. Ін-т біоорган. хімії та нафтохімії, Ніжин. держ. пед. ун-т ім. М. Гоголя. Ніжин: Вид-во Ніжин. держ. пед. ун-ту ім. М. Гоголя. 2006. 111 с.

2. Голуб Н.П., Гомонай В.І., Баренблат І.О., Козьма А.А., Дзямко В.М., Мільович С.С., Стерчо І.П. Медична хімія (фізична,

колоїдна та біонеорганічна хімія). Навчальний посібник до лабораторного практикуму для студентів медичного факультету. – Ужгород: Видавництво «ФОП Сабов А.М.». 2017. 104 с.

**Додаткова:**

1. Handbook of Green Chemistry Volume 9: Designing Safer Chemicals, First Edition. / Edited by Robert Boethling and Adelina Voutchkova. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.. 2012. 524 p.

2. W. Nelson. Green Solvents for Chemistry: Perspectives and Practice. Oxford University. 2003. 390 p.

**Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:**

1. Хімія як основа сучасних матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/itfbd>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

**Дата**

**Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 2

**Тема: ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ОБ'ЄКТИ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ. ОДЕРЖАННЯ КОМПЛЕКСНИХ СПЛУК ЕЛЕМЕНТІВ ТИПУ «ГІСТЬ-ХАЗЯЇН»**

**Мета:** ознайомитися з поняттями супрамолекулярної хімії та навчитися одержувати сполуки типу «гість – хазяїн».

**Основні поняття:** супрамолекулярна хімія, рецептори: краун-ефіри; кавітанди; крептанди; сферанди, супрамолекули: комплекси «гість – хазяїн», супрамолекулярні ансамблі: міцели; мембрани; дендримери; ліпосоми.

**План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

**Інструкція до виконання:**

## 2. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

## 3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

### **Контрольні запитання/завдання**

1. Основні поняття супрамолекулярної хімії.
2. Типи міжмолекулярних взаємодій.
3. Рецептори супрамолекулярної хімії: краун-ефіри, криптанди, циклодекстрини тощо.
4. Будова ПЕШ. Поняття міцел, способи їх одержання та дослідження.
5. Дендримери та їх застосування.
6. Системи, що самоорганізуються: білки та нуклеїнові кислоти.

### **БУДОВА ПЕШ. ПОНЯТТЯ МІЦЕЛ, СПОСОБИ ЇХ ОДЕРЖАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ**

*Поведінка супрамолекулярних ансамблів, колоїдних систем багато у чому спричинена наявністю на частинках дисперсної фази електричного заряду. Його утворення визначається властивостями дисперсійного середовища (поляризованістю, в'язкістю, наявністю домішок) та зовнішніми умовами (температурою, тиском).*

*Формування зарядів на колоїдних частинках пояснюється наявністю **ПОДВІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ШАРУ (ПЕШ)**.*

ПЕШ потрібно розглядати як єдину електронейтральну систему, в якій сумарна кількість зарядів іонів дорівнює заряду твердої поверхні.

На будову ПЕШ впливає той факт, що іони зовнішнього шару перебувають під дією двох протилежно напрямлених сил:

- 1) електростатичне тяжіння іонів до зарядженої поверхні твердої фази на межі поділу;
- 2) тепловий рух іонів, що намагається відірвати їх від поверхні і розподілити рівномірно по всьому об'єму рідини.

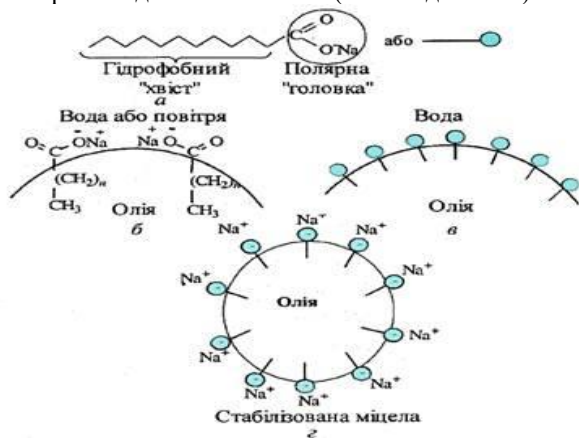
В результаті дії протилежно напрямлених сил встановлюється рівновага, що характеризується дифузним розподіленням іонів в шарі рідини визначеної товщини.

Незважаючи на різні механізми утворення ПЕШ, на межі поділу твердої та рідкої фаз зазвичай виникають певні електричні потенціали. Однією з головних кількісних характеристик ПЕШ є потенціал

електричного поля (Y). З точки зору хімічної термодинаміки потенціал – це робота перенесення величини заряду з певної точки всередині ПЕШ у об'єм рідини, у якій концентрації позитивних і негативних зарядів однакові.

**Товщина ПЕШ обернено пропорційна іонній силі розчину: з підвищенням концентрації електролітів у рідині і заряду, утворюючих їх іонів, товщина ПЕШ зменшується.**

На рис. 1 показано схему утворення міцели або знищення жирних плям з поверхні за допомогою мила (миюча дія мила).



**Рис. 1.** Схема утворення міцели

## МІЦЕЛИ

**Міцели** – це електронейтральні частинки дисперсної фази, що містять у своєму складі ПЕШ.

На рис. 2 показано схему будови міцели.

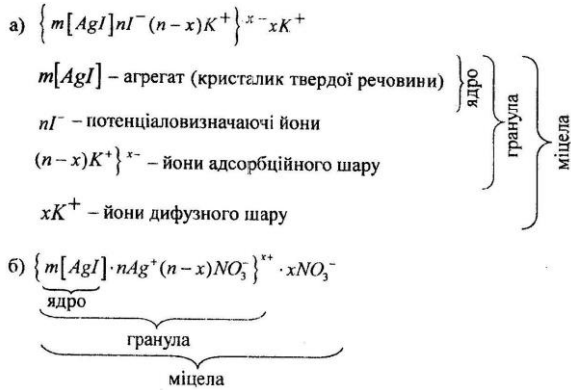


Рис. 2. Схема будови міцели

На рис. 3 схематично зображено основні методи одержання міцел.

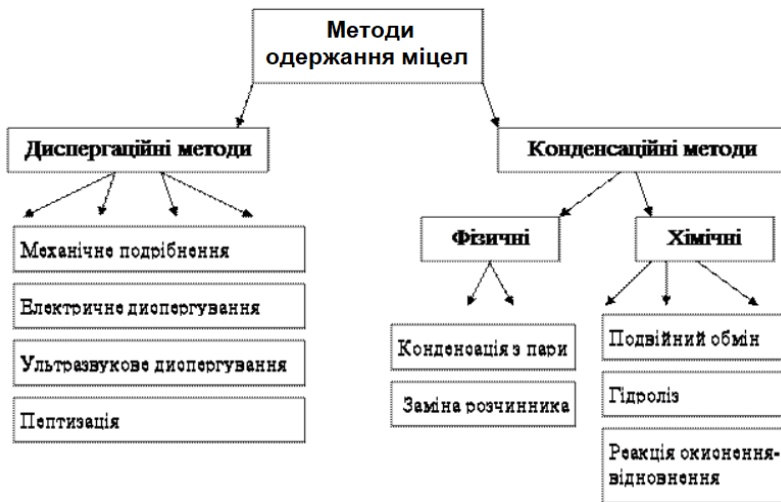


Рис. 3. Основні методи одержання міцел

### ДЕНДРИМЕРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Дендримёр (англ. dendrimer) — це олігомерна або макромолекулярна (супрамолекулярна) сполука з деревоподібною структурою, яка має численні відгалуження, що збільшуються в кількості з віддаленням від центру. На відміну від звичайних полімерів,

які утворюються внаслідок спонтанної полімеризації, дендримери синтезуються двома способами: дивергентним та конвергентним синтезом.

**Дивергентний синтез** у супрамолекулярній хімії є багатостадійним процесом, в якому до остова (серцевини) поступово приєднують різні фрагменти за допомогою реакцій, нарощуючи молекулу шарами від центру.

**Конвергентний синтез** також є багатостадійним процесом, але в цьому випадку спочатку синтезують дендрони, які потім пришивають до ядра дендримера, нагадуючи кріплення секцій на фундаменті.

Структура дендримера складається з трьох основних частин:

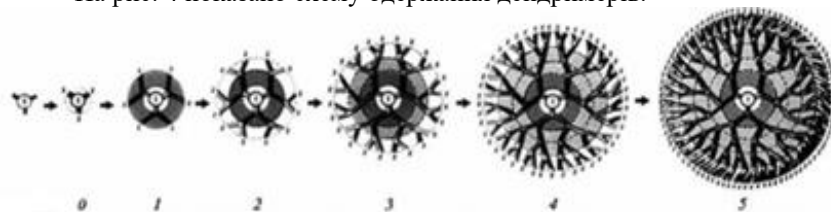
**Мультивалентна поверхня** з великою кількістю потенційних реакційних центрів.

**Зовнішня оболонка**, яка оточує дендример і має певне мікроточення, захищене від зовнішнього впливу.

**Внутрішнє ядро.**

Властивості дендримерів визначаються типом функціональних груп на поверхні. Наприклад, дендримери з гідрофільними кінцевими групами, такими як карбоксильні, розчинні у воді, а з флуороорганічними групами — у надкритичному CO<sub>2</sub>. Дендримери третього та вищих поколінь характеризуються високою щільністю молекулярної структури і мають форму, близьку до сферичної. Розчини дендримерів менш в'язкі, у порівнянні з розчинами інших сполук з такою ж молекулярною масою.

На рис. 4 показано схему одержання дендримерів.



**Рис. 4.** Схема одержання дендримерів.

Завдяки наявності декількох каталітичних груп на поверхні дендримера з'являється можливість об'єднати їх у різні функціональні групи, що дозволить створювати багатофункціональні дендрополімери.

Кожен тип каталітичної групи виконує певну функцію і може застосовуватися, наприклад, для транспортування різних медикаментів до уражених патологічним процесом органів. Зокрема, вибірковість дендримерів до певного типу клітин досягається шляхом прикріплення



до них лігандів, що забезпечують транспорт лікарських засобів через клітинну мембрану, в той час як підвищена розчинність, зменшення токсичності, біологічна сумісність, стабільність та захист у біологічному середовищі досягається розміщенням на кінцевих групах дендріполімерів поліетиленгліколевих ланцюгів. Будову зовнішніх груп дендримерів можна змінювати, коли вони стають гідрофобними, в той час як внутрішнє середовище дендримера залишається гідрофільним чи навпаки.

### **Розв'яжіть запропоновані задачі на лабораторному занятті:**

1. За схемою будови міцели (рис.2), напишіть формули міцел золей, отриманих при змішуванні розчинів:

а) 10 мл 0,1 М розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  і 20 мл 0,5 М розчину  $\text{BaCl}_2$ ;

б) 12 мл 0,1 М розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  і 7 мл 0,1М розчину  $\text{BaCl}_2$ .

2. Напишіть формули міцел золей, які утворюються в результаті взаємодії  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{NiSO}_4$ , якщо в реакційній суміші взяти:

а)  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  у надлишку;

б)  $\text{NiSO}_4$  у надлишку.

Як дані частинки будуть переміщуватись у електричному полі? До якого електроду?

3. Який об'єм 0,4 н розчину  $\text{CaCl}_2$  потрібно додати до 25 мл 0,1н розчину  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , щоб отримати золь з негативно зарядженими частинками. Напишіть формулу такої міцели.

4. у хімічній склянці змішали:

а) 10 мл 1 н розчин  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  з 1 л 0,01 н розчин  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

б) 35 мл 0,1 н розчину  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  з 40 мл 0,1 н розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Зазначте, у якому випадку міцели не утворяться Напишіть формулу міцели золю, де це можливо та вкажіть заряд колоїдних частинок.

5. Для отримання гідрозолу аргентум хлориду змішали 15 мл 0,05 М розчину  $\text{KCl}$  з 50 мл 0,005 М розчину  $\text{AgNO}_3$ . Напишіть формулу утвореної міцели.

#### *4. Виконання експериментальної роботи*

### **Рекомендації до виконання дослідів:**

#### **Дослід №1. Супрамолекулярна реакція типу «гість – хазяїн»**

У пробірку налейте на 1/3 об'єму розчин крохмального клейстеру та додайте 1-3 краплини аптечного йодного настою. Що спостерігається?

### Дослід №2. Стіійкість супрамолекулярних комплексів

Пробірку із забарвленим комплексом закріпіть у пробіркотримачі та нагрійте до кипіння над полум'ям пальника. Що спостерігається?

Охолодіть знебарвлений розчин під струменем холодної води. Чи з'являється забарвлення повторно? Зробіть висновок про термічну стійкість комплексу «гість – хазяїн».

До забарвленого розчину додайте такий самий об'єм 1 М розчину натрій тіосульфату. Що спостерігається? Чи відновлюється колір розчину через деякий час? Чи можна відновити колір, додавши декілька мл розчину йоду? Відповідь поясніть.

### Дослід №3. Селективність утворення супрамолекулярних комплексів

Приготуйте розчин крохмального клейстеру та розчин гуарової камеді.

У пробірку налийте 5-7 мл води та насипте на кінчику шпателя сухий крохмаль. Пробірку із суспензією закріпіть у пробіркотримачі та нагрійте до кипіння. Потім пробірку з клейстером охолодіть до кімнатної температури.

У другу пробірку налийте 5-7 мл води та додайте на кінчику шпателя порошок гуарової камеді. Суміш інтенсивно перемішайте до повного розчинення камеді та утворення псевдогелю.

У третю пробірку змішайте в об'ємному співвідношенні 1:1 розчини крохмалю та гуарової камеді.

У кожен з пробірок додайте декілька краплин спиртового розчину йоду. Що спостерігається в пробірках? Зробіть висновок про селективність (вибірковість) утворення супрамолекулярних комплексів.

#### Дослід №4. Синтез дендримерів срібла на папері

Помістіть фільтрувальний папір у чашку Петрі або випарювальну чашку та змочіть його розчином аргентум нітрату. Залиште змочений папір на світлі. Що спостерігається через певний час?

Спробуйте опромінювати вологий папір ультрафіолетом протягом 10-15 хвилин. Чи помітно якісь зміни?

Залиште папір до наступного дня. Чи видно дендримери срібла на папері?

#### Дослід №5. Хроматографічне розділення чорного барвника маркера на папері

Обріжте фільтрувальний папір під діаметр чашки Петрі та помістіть його на дно чашки.

Приготуйте 20-30 мл розчину натрій гідрогенсульфату, питної соди або лимонної кислоти. Для цього декілька шпателів обраної речовини розчиніть у дистильованій воді.

У центрі фільтрувального паперу поставте чималу крапку чорним маркером з товстим стержнем (можна також використати коричневий або зелений маркер). На цю крапку помістіть ватяну кульку (розмір її не повинен сильно перевищувати поставлену крапку) та піпеткою змочіть її приготованим розчином натрій гідрогенсульфату. Які зміни відбуваються протягом 10-15 хвилин?

В якості елюента спробуйте використати розчин соди або лимонної кислоти. Порівняйте одержаний результат з попереднім.

**Дослід №6. Визначення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) розчинів ПАР сталагмометричним методом.**

Величина критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) – важлива колоїдно-хімічна характеристика поверхнево-активних речовин (ПАР). ККМ розраховують як величину концентрації, за якої у розчині ПАР утворюється достатня кількість міцел, що призводить до зміни властивостей цього розчину.

На вагах відважте 0,5 г натрій лаурилсульфату ( $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$ ), кількісно перенесіть його у мірну колбу на 500 мл та розчиніть його у дистильованій воді. Розрахуйте концентрацію ПАР у розчині за формулою:

$$C = \frac{m}{M \cdot V}$$

де  $m$  – маса ПАР, г;  $V$  – об'єм розчину ПАР, моль/л;  $M$  – молярна маса ПАР, г/моль.

**C(поч) = \_\_\_\_\_ моль/л.**

З одержаного розчину ПАР приготуйте серію розчинів по 50 мл кожен методом розведення, провівши необхідні розрахунки. Одержані дані внесіть до таблиці 1.

**Таблиця 1. Розрахункові дані**

<b>Об'ємне співвідношення розчину ПАР:Вода</b>	<b>Об'єм розчину ПАР, мл</b>	<b>C(ПАР), моль/л</b>
1:1		
1:2		
1:3		
1:4		
1:5		

Сталагмометричний метод - це простий, але точний спосіб визначення поверхневого натягу рідин та ККМ розчинів ПАР і подібних речовин. Цей метод базується на вільному падінні крапель рідини з капіляра сталагмометра під дією сили тяжіння. Кожна крапля відділяється від нижнього кінця трубки лише тоді, коли її вага перевищує силу поверхневого натягу, яка тримає краплю на отворі трубки.

Закріпіть сталагмометр у лапці штативу вертикально краном до низу та підставте під нього порожню склянку чи колбу. Налийте у нього 50-60 мл дистильованої води. За допомогою крану налаштуйте прилад

таким чином, щоб середня кількість крапель рідини, яка вільно витікала за хвилину, становила 35 – 40 краплин.

На вагах відважте чисту суху склянку та запишіть масу.

**m(склянки) = \_\_\_\_\_ г.**

Підставте склянку під сталагмометр та відрахуйте 20 краплин, потім швидко заберіть склянку та повторно відважте її з рідиною на терезах. Кожного разу, вимірюючи величину поверхневого натягу води та розчинів ПАР, потрібно відраховувати по 20 краплин відповідної досліджуваної рідини і зважувати її з рідиною повторно. Одержані дані внесіть до таблиці 2.

Розрахуйте величину поверхневого натягу води., використовуючи таку розрахункову формулу:

$$\sigma = \frac{0,78 * m}{N}$$

де: m – маса крапель рідини, г; N – число крапель рідини.

**Поверхневий натяг води (Н/м) за різних температур можна розрахувати за такою емпіричною формулою:**

$$\sigma_t \cdot 10^3 = 0,076 \cdot (1 - 0,0021 \cdot t),$$

де t – температура рідини, °С.

Порівняйте експериментальну та розрахункову величини поверхневого натягу та розрахуйте відносну похибку за формулою:

Аналогічним способом виміряйте поверхневий натяг для розчинів ПАР, починаючи з найвищої концентрації та розрахуйте коефіцієнти поверхневого натягу. Одержані дані внесіть до таблиці 2.

**Таблиця 2.** Експериментальні дані визначення ККМ розчинів ПАР

Об'ємне співвідношення розчину ПАР:Вода	$\sigma$ , Н/м	С(ПАР), моль/л	lnC
вода			
1:1			
1:2			
1:3			
1:4			
1:5			

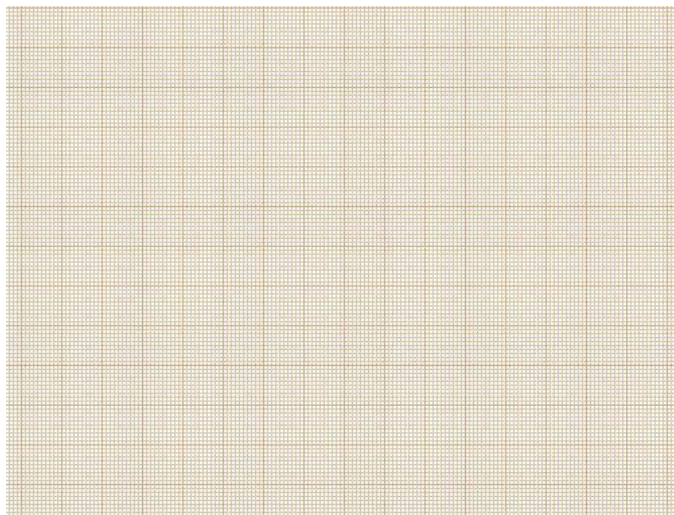
Побудуйте графік залежності в координатах « $\sigma$  – lnC».

За згином графіку визначіть ККМ для натрій лаурилсульфату.

**ККМ** = \_\_\_\_\_ **моль/л**

5. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.



Графік залежності поверхневого натягу від логарифму концентрації ПАР

#### **Теми повідомлень:**

Об'єкти супрамолекулярної хімії

Міцелярні системи та їх використання

ПАР, ПІР та ПНР

Ліпосоми як нова форма доставки лікарських препаратів

Нуклеїнові кислоти та їх значення

#### **Рекомендована література**

##### ***Основна:***

1. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 339 с.

2. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4

3. Столяр О.Б., Гнатишина Л.Л. Супрамолекулярна хімія: Навч. посібник. Тернопіль.: Вид-во ТНПУ, 2019. 147 с.

#### ***Додаткова:***

1. P. Tundo, V. Esposito. Green Chemical Reactions. Springer. 2003. 213 p.

2. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. Wiley Verlag. 2008. 275 p.

#### ***Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:***

1. Хімія як основа сучасних матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/itfbd>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

**Дата**

**Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 3

**Тема: ОСНОВИ ФОТОХІМІЇ. ВИВЧЕННЯ ФОТОКАТАЛІТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗКЛАДУ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ**

**Мета:** освоїти методики фотокаталітичної деструкції харчових барвників з розчинів.

**Основні поняття:** фотохімія, закони фотохімії, фотокаталіз, фотокаталізатори, деструкція барвників, метиленовий синій, УФ-випромінювання.

#### **План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

#### **Інструкція до виконання:**

2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

### 3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

#### **Контрольні запитання/завдання**

1. Основні поняття та об'єкти фотохімії.
2. Основні закони фотохімії.
3. Поняття каталізу та каталізаторів. Механізми дії каталізаторів.
4. Фотокаталіз та його особливості.
5. Барвники, їх класифікації та використання.
6. Каталітична фотодеструкція барвників.

#### **ОСНОВНІ ЗАКони ФОТОХІМІЇ**

➤ Концентрація розчину певної товщини, що поглинає монохроматичне світло, пропорційна оптичній густині розчину (**закон Бугера – Ламберта – Бера**, 1729, 1760, 1852).

➤ Світло викликає перетворення лише за умови його поглинання речовиною (**закон Гротгуса-Дрепера**, 1819, 1841).

➤ Швидкість фотохімічного перетворення пропорційна інтенсивності випромінювання, яке було поглинуте (**закон Вант-Гоффа**, 1904).

➤ Кожний поглинутий фотон викликає фотохімічне перетворення лише однієї молекули (**закон Ейнштейна-Штарка**, 1911-1912).

#### **ФОТОКАТАЛІЗ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ**

**Фотокаталізом** (англ. *photocatalysis*) називають реакції, які відбуваються під дією світлового випромінювання (видиме та УФ) та каталізатора. Для «зеленої» хімії такі реакції мають важливе значення, оскільки вони відповідають принципам «Green Chemistry».

**Фотокаталітичний процес** як правило відбувається за умови термодинамічної можливості ( $\Delta G < 0$ ), де каталізатор повинен знижувати вільну енергію активації процесу. Таким терміном описують процеси, що можуть відбуватися за участю фотокаталізаторів, які взаємодіють з субстратом у його основному або збудженому стані, або з первинним продуктом, залежно від механізму даної фотореакції.



**Фотокаталітична ефективність** системи визначається кількістю молекул продукту, що утворюються в процесі фотокаталізу (або кількістю молекул витраченого реактанту), яка припадає на один фотон світла, що надходить до фотокаталітичної системи. При цьому враховуються всі умови проведення процесу.

**Ступінь фотокаталізу** (X, %) – це відношення числа або концентрації частинок, що піддалися фотокаталізу до загального числа (концентрації) частинок.

## ОСНОВИ КЛАСИФІКАЦІЇ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ

Харчові барвники використовуються для відновлення природного забарвлення, яке може втрачатися під час обробки чи зберігання продуктів, для підвищення інтенсивності природного забарвлення, надання кольору безбарвним продуктам (наприклад, воді, морозиву, кондитерським виробам) та для створення більш привабливих продуктів і розширення колірного різноманіття.

*За походженням барвники поділяються на кілька груп:*

- Натуральні барвники рослинного або тваринного походження;
- Штучні (ідентичні натуральним);
- Синтетичні органічні барвники;
- Мінеральні барвники.

З погляду безпеки використання в харчових продуктах, найбільшу увагу вимагають штучні та синтетичні органічні барвники.

В класифікації харчових добавок за E-кодами, барвники мають коди від 100 до 199.

За кольорами барвники поділяються на жовті, помаранчеві, червоні, зелені, сині, коричневі та інші відтінки (рис. 5).

Е-код	Колір
Е 100...109	Жовтий
Е 110...119	Помаранчевий
Е 120...129	Червоний
Е 130...139	Синій
Е 140...149	Зелений
Е 150...159	Коричневий-чорний
Е 160...199	Різні відтінки

**Рис.5.** Класифікація барвників за кольором

#### 4. Виконання експериментальної роботи

##### Рекомендації до виконання дослідів:

**Дослід №1. Знебарвлення метиленового синього в присутності глюкози у лужному середовищі**

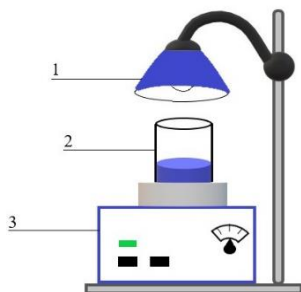
У плоскодонну колбу на 500-700 мл додайте декілька кристаликів метиленового синього (на кінчику скальпеля) та долийте 100-150 мл дистильованої води, розчин інтенсивно перемішайте.

У хімічну склянку на вагах відважте 5 г порошку глюкози та розчиніть її в 20 мл дистильованої води. Окремо приготуйте розчин натрій чи калій гідроксиду (10-15%), відважте 2 г лугу, розчиніть його в 20 мл дистильованої води у окремій склянці та додайте до розчину глюкози.

Налийте весь об'єм лужного розчину глюкози у колбу з розчином метиленового синього та міцно закрийте колбу гумовим корком. Потім залишіть розчин стояти на світлі. При стоянні блакитний розчин поступово знебарвлюється, але при інтенсивному струшуванні блакитно-сине забарвлення з'являється знову. Дану процес можна відтворювати декілька разів. У разі, якщо розчин не знебарвлюється, додайте декілька кристаликів лугу та добре перемішайте.

**Дослід №2. Вивчення процесів фотодеструкції метиленового синього**

Для проведення фотокаталізу спочатку спочатку складіть установку, зображену на рис.5.



1. УФ-лампа
2. Склянка з розчином.
3. Електромішалка

**Рис. 6.** Установка для проведення фотокаталізу

На вагах відважте по 0,1 г гідроксиапатиту, станум діоксиду та титан діоксиду і помістіть їх в окремі склянки.

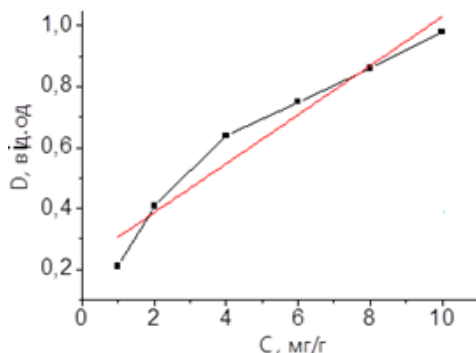
У пещу склянку (з гідроксиапатитом) додайте 20 мл розчину метиленового синього з концентрацією барвника 6 мг/л та вкиньте магнітну мішалку. Склянку розмістіть на електромішалці, увімкніть на

помірне перемішування. УФ-лампу вмикайте одночасно із секундоміром та опромінюйте розчин протягом 10 хв.

Концентрацію до та після фотокаталізу виміряйте на КФК-2 за довжини хвилі 640 нм з товщиною кювети 20 мм. В якості розчину порівняння використайте дистильовану воду.

Аналогічну процедуру виконайте з титан діоксидом та станом діоксидом.

За допомогою калібрувального графіку, зображеного на рис.7, розрахуйте концентрації барвника до та після фотокаталізу.



**Рис.7.** Калібрувальний графік для метиленового синього

Розрахуйте ступінь фотокаталізу за формулою:

$$X = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} \cdot 100\%$$

Порівняйте одержані величини. Отримані дані внесіть у табл. 3.

**Таблиця 3.** Експериментальні дані фотодеструкції метиленового синього

Фотокаталізатор	C <sub>0</sub> , мг/л	C <sub>p</sub> , мг/л	X, %
Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub>			
TiO <sub>2</sub>			
SnO <sub>2</sub>			

Зробіть висновки про фотокаталітичну активність матеріалів.

*5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

**Теми повідомлень:**

Історія виникнення та розвиток фотохімії  
Радіаційна хімія та її значення  
Використання фотополімерів  
Реакція Фентона та її значення  
Використання фотокаталітичних процесів

**Рекомендована література**

***Основна:***

1. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 339 с.
2. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4
3. Литвин В.А. Основи нанохімії Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. 268 с.

***Додаткова:***

1. P. Tundo, V. Esposito. Green Chemical Reactions. Springer. 2003. 213 p.
2. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. Wiley Verlag. 2008. 275 p.

***Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:***

1. Хімія як основа сучасних матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/itfbd>
2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

**Дата**

**Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 4

**Тема: МКР №1 «Основні поняття сучасної хімії»**

*Обсяг вимог визначається програмою*

## Лабораторне заняття № 5

### Тема: **ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ «ЗЕЛЕНОЇ ХІМІЇ». «ЗЕЛЕНІ» ВІДНОВНИКИ, ОКИСНИКИ ТА РОЗЧИННИКИ В СУЧАСНОМУ СИНТЕЗІ**

**Мета:** ознайомитись з поняттями «зелених» відновників, окисників та розчинників у сучасному синтезі.

**Основні поняття:** «Green Chemistry/ Зелена хімія», 12 принципів зеленої хімії, атомна ефективність, Е-фактор, селективність реакцій, «зелені» відновники, окисники та розчинники в сучасному синтезі: водень, кисень, гідроген пероксид, надкритичний CO<sub>2</sub>.

#### **План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

#### **Інструкція до виконання:**

2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

3. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

#### ***Контрольні запитання/завдання***

1. Основні поняття «Зеленої хімії».
2. Дванадцять принципів зеленої хімії.
3. «Зелені» відновники в синтезі. Водень: одержання, властивості, використання.
4. «Зелені» окисники. Кисень та гідроген пероксид, їх властивості.
5. «Зелені» розчинники та принципи їх дії. Надкритичні рідини, іонні рідини.
6. Вступ до «зеленого» синтезу: атомна ефективність, Е-фактор, селективність.

## **ДВАНADЦЯТЬ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОЇ ХІМІЇ**

У 1998 році *П. Т. Анастас і Дж. С. Уорнер* у своїй науковій праці під назвою "Зелена хімія: теорія і практика" **сформулювали дванадцять принципів "Зеленої хімії"**, якими слід керуватися науковцям, промисловцям та дослідникам, що працюють у різних галузях сучасної хімічної науки:

1) ***Запобігання втратам***: попередження втрат матеріалів та ресурсів є ефективнішим, ніж їх переробка або очищення.

2) ***Максимальне перетворення вихідних матеріалів у кінцевий продукт***: методи синтезу повинні бути обраними так, щоб максимально використовувати всі вихідні матеріали в кінцевому продукті.

3) ***Мінімізація токсичності***: використані та синтезовані речовини мають бути якомога менш токсичними для людини і навколишнього середовища.

4) ***Збереження вже досягнутої ефективності*** та зменшення токсичності: при створенні нових продуктів слід зберігати їх ефективність, зменшуючи при цьому їх токсичність.

5) ***Обмежене використання допоміжних речовин***: використання допоміжних речовин, таких як розчинники, має бути мінімізованим або невикористаним взагалі, якщо це можливо.

6) ***Енергоефективність та вартість продукту***: потрібно враховувати енергетичні витрати та їх вплив на навколишнє середовище та вартість продукту.

7) ***Використання відновлюваних матеріалів***: вихідні та необхідні матеріали повинні бути відновлюваними, коли це можливо.

8) ***Уникання отримання проміжних продуктів***: якщо це можливо, слід уникати отримання проміжних продуктів.

9) ***Перевага каталітичних процесів***: слід надавати перевагу каталітичним процесам за можливості найбільш селективним.

10) ***Розклад продуктів на безпечні речовини***: хімічний продукт повинен розкладатися на безпечні речовини після його використання.

11) ***Розвиток аналітичних методів***: потрібно розвивати аналітичні методики для стеження за утворенням небезпечних продуктів.

12) ***Мінімізація ризику небезпек***: речовини та форми речовин мають обиратися таким чином, щоб мінімізувати ризик пожежо-, вибухонебезпеки.

Дещо пізніше Є. С. Локтева та В. В. Лунін додали до цього списку додатковий, **13-й принцип**:

13) Робота звичними методами дає такий самий звичайний результат, тому для досягнення нових результатів потрібні інновації.

Ці принципи є основою для розроблення більш безпечних, ефективних та сталої хімічної промисловості.

### «ЗЕЛЕНІ» РОЗЧИННИКИ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

За звичайних умов речовини можуть перебувати в твердому, рідкому і газоподібному агрегатних станах. Але крім них існує ще **суперкритичний стан** або **надкритичний стан**, в якому властивості рідини і газу перестають відрізнятися. У цьому стані властивості речовин змінюються в порівнянні з рідким станом. Так, наприклад, вода в суперкритичному стані стає неполярною і добре розчиняє органічні сполуки, нерозчинні в рідкій воді.



Видно, що для досягнення суперкритичного стану води необхідний тиск 218 атм і температура 374 °С. Для створення таких умов потрібне спеціальне дороге обладнання.

Досягти суперкритичного стану для CO<sub>2</sub> набагато простіше.

Крім того, CO<sub>2</sub> має деякі переваги в порівнянні з водою і іншими сполуками:

- **дешевизна;**
- **відносна нетоксичність;**
- **низька в'язкість;**
- **мала теплота випаровування, що виключає перегрів;**
- **легкість виділення з реакційного середовища у вигляді газу при скиданні тиску.**

Використання надкритичного CO<sub>2</sub> (scCO<sub>2</sub>) у харчовій та іншій промисловостях має значний потенціал і ряд переваг. Ось деякі з них:

**Висока розчинність:** scCO<sub>2</sub> має високу розчинність, що дозволяє ефективно виділяти певні речовини, такі як кофеїн, без використання органічних розчинників.

**Селективність екстрагування:** scCO<sub>2</sub> може бути налаштований для селективного виділення певних речовин, залишаючи за собою інші складові без змін.

**Безшкідливість для навколишнього середовища:** використання scCO<sub>2</sub> не залишає за собою шкідливих залишків, оскільки ця рідина є газом за звичайних умов і не вносить ніякого забруднення.

**Збереження ароматичних компонентів:** під час екстрагування за допомогою scCO<sub>2</sub> можливо зберегти ароматичні компоненти, які інакше можуть бути втрачені під час традиційних методів екстрагування.

**Можливість масштабування:** технологія екстракції з використанням scCO<sub>2</sub> може бути застосована у промислових масштабах, що робить її ефективним методом для харчової промисловості.

Ці переваги роблять scCO<sub>2</sub> популярним інструментом для екстрагування різних компонентів у харчовій промисловості.

## ВСТУП ДО «ЗЕЛЕНОГО» СИНТЕЗУ: АТОМНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, Е-ФАКТОР, СЕЛЕКТИВНІСТЬ

Для кількісної оцінки хімічних виробництв існує дві основні характеристики: **Е-фактор** і **атомна ефективність**. Обидві ці величини були введені професором біокаталізу та органічної хімії Технологічного університету Делфі (Нідерланди) Роджером Шелдоном, який є світовим авторитетом в області зеленої хімії і каталізу, автором понад 400 наукових публікацій, в тому числі книги «Зелена хімія і каталіз».

Величина Е-фактора визначається як відношення маси всіх побічних продуктів (які формально є відходами виробництва) до маси цільового продукту:

$$E = \frac{\sum m(\text{побічних продуктів(відходів)})}{m(\text{цільового продукту})}$$

Е-фактор – це реальна кількість утворених в процесі відходів на одиницю маси, наприклад, 1 кг кінцевого цільового продукту; при чому під **відходами** розуміють все, що не відноситься до цільового продукту. Цей фактор включає хімічний вихід продукту і включає реагенти, втрати



розчинника, всі допоміжні компоненти і, навіть, пальне (хоча його кількість досить складно оцінити). Для **Е-фактора є один виняток, який він в себе не включає – це вода**. Таким чином, розрахунок значення Е-фактора для процесу дозволяє кількісно оцінити ефективність використання вихідної сировини та кількість утворених забруднювачів. Природно, що чим більше Е-фактор, тим менше «зеленою» є реакція або процес. Величина Е-фактора може змінюватися в дуже широкому діапазоні.

**Атомна ефективність** - інший кількісний показник, введений Шелдоном. Її розраховують як відношення молярної маси кінцевого цільового продукту до суми молярних мас всіх вихідних речовин, що беруть участь у синтезі, з врахуванням реагентів в стехіометричному рівнянні хімічної реакції:

$$\text{Атомна ефективність (A)} = \frac{M(\text{кінцевого продукту синтезу})}{\sum M(\text{всіх вихідних речовин})} \times 100\%$$

Фактично, атомна ефективність розглядає ступінь корисного використання хімічних елементів, що входять до складу вихідних сполук. Чим ближче величина атомної ефективності до одиниці (100%), тим більше «зеленим» є процес.

Бувають, однак, хімічні реакції, в яких атомна ефективність ніколи не може бути рівною 100%. До таких реакцій, наприклад, відноситься реакція нейтралізації, в якій утворення води є обов'язковою умовою. Також атомна ефективність не може бути рівною 100%, наприклад, для реакцій заміщення і елімінування.

**Селективна реакція** (англ. *Selective reaction*) – це реакція:

- 1). яка має відбуватися лише в одному напрямі та бути відтворюваною;
- 2). при якій реагент, що знаходиться у суміші з декількома іншими, повинен реагувати лише з одним із них за тих самих умов проведення процесу.

Селективність реакції визначається за формулою:

$$\text{Селективність (S)} = \frac{n(\text{продукту})}{n(\text{речовини, що прореагувала})} * 100\%$$

Важливими селективними реакціями в «зеленому» (і не тільки) синтезі є: каталітичні, аналітичні, хроматографічні, адсорбційні та інші процеси.

#### 4. Виконання експериментальної роботи

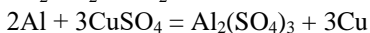
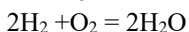
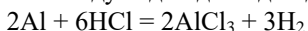
### **Рекомендації до виконання дослідів:**

#### **Дослід №1. Бірюзове полум'я**

У конічну колбу на 500 на дно насипте декілька шпательів купрум хлориду або сульфату та додайте 50 мл розчину хлоридної кислоти (3:2). Щоб приготувати розчин HCl, у посудину відміряйте 60 мл концентрованої хлоридної кислоти та додайте 40 мл дистильованої води, добре перемішайте розчин.

З алюмінієвої фольги скрутіть паличку, довжиною 10-12 см та діаметром як звичайна пробірка чи маркер.

Вкиньте у колбу готову паличку із фольги. Як тільки розпочнеться бурхлива реакція взаємодії та біля отвору колби з'являться білі пари, обережно запаліть їх. Спостерігайте декілька паралельних реакцій, що проходять одночасно. Перша – утворення красивого синьо-зеленого полум'я з червонуватою верхівкою та друга – утворення червоного осаду міді відповідно до таких реакцій:



Як тільки полум'я над отвором згасне і з'являться пари кислоти, посудину перемістіть у витяжну шафу та увімкніть її.

#### **Дослід №2. Добування кисню розкладом H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

В пробірку з газовідвідною трубкою насипте 0,5 – 1 г порошку MnO<sub>2</sub>. Сюди ж налейте 10 мл 10 % розчину H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> і швидко закрийте пробірку гумовим корком. Що спостерігається? Виділений газ зберіть у посудину методом витіснення повітря. Напишіть рівняння розкладу гідроген пероксиду.

#### **Дослід №3. Гідроліз ПВА**

В три великі пробірки налейте приблизно по 10 мл клею ПВА в кожену. В першу пробірку додайте 5 мл розчину HCl та 5 мл етанолу, у другу – 5 мл розчину NaOH та 5 мл етанолу, а третю залишіть для контролю. Перші дві пробірки з розчинами періодично струшуйте протягом 1 години. Якщо полівініловий спирт (ПВС) не випав у вигляді білого осаду, то додайте ще по 5 мл спирту у пробірки, струсіть їх та залиште ще на 30 - 40 хвилин.

#### **Дослід №4. Хімічні властивості ПВС**

До водного розчину ПВС, одержаного в попередньому досліді, додайте 2-3 краплини розчину йоду в йодиді калію. Що спостерігаєте?

#### **5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти**

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

##### **Теми повідомлень:**

Пол Анастас та Джон Уорнер – засновники «GREEN CHEMISTRY»  
Приклади «зелених» процесів  
Принципи «зеленої хімії»  
Клік-хімія як новий метод синтезу  
Біокаталіз та його значення

#### **Рекомендована література**

##### **Основна:**

1. P. Anastas Handbook of Green Chemistry, Volume 4: Supercritical Solvents. / Edited by Peter Wasserscheid and Annegret Stark. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010. 478 p.

##### **Додаткова:**

1. P. Tundo, V. Esposito. Green Chemical Reactions. Springer, 2003. 213 p.  
2. J. Clark, D. Masquarrie. Handbook of Green Chemistry. Blackwell. 2002. 532 p.

##### **Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:**

1. Green Chemistry: Principles and Practice [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/cs/b918763b#1divAbstract>

2. Paul Anastas [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Paul\\_Anastas](https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Anastas)

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття № 6

**Тема: КОЛОРИМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ ФЕРУМУ у ПРИРОДНИХ ВОДАХ. АРГЕНТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ХЛОРИДІВ У ВОДІ**

**Мета:** овоїти методики колориметричного визначення іонів Феруму у воді; аргентометричне визначення хлорид-іонів у воді.

**Основні поняття:** іони важких металів, забруднення води, іони Феруму, хлориди у воді, метод колориметрії, метод титрування, аргентометрія.

**План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

**Інструкція до виконання:**

2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

3. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

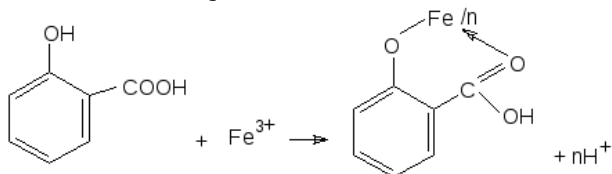
Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

***Контрольні запитання/завдання***

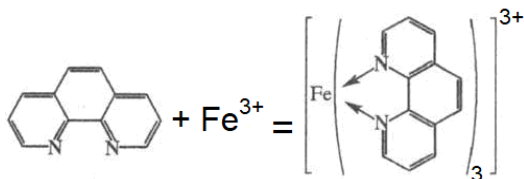
1. Вода. Аномалії води.
2. Фізичні та хімічні властивості води.
3. Забруднювачі води: іони важких металів, барвники. Поняття ГДК.
4. Нормативні документи, що описують якість питної води: Директива ЄС «Directive (EU) 2020/2184» та «ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

## МЕТОДИ ФОТОМЕТРИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ФЕРУМУ У РОЗЧИНАХ

**Салициловий метод** визначення іонів Феруму оснований на можливості салицилової кислоти або її натрієвої солі утворювати з солями Феруму(III) забарвлені комплекси червоно – фіолетового кольору відповідно до схеми реакції:



Метод визначення вмісту Феруму з **орто-фенантроліном** оснований на реакції його з іонами Fe(II) в діапазоні рН 3-9 з утворенням комплексної сполуки, забарвленої в оранжево-червоний колір. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації Феруму в розчині. Забарвлення розвивається швидко при рН 3,0-3,5 в присутності надлишку орто-фенантроліну. Пряме визначення іонів Феруму можливе при його вмісті від 0,05 до 2 мг/дм<sup>3</sup>. В присутності іонів Мангану(II) цей метод не застосовується. Хімізм процесу описується схемою:



**Роданідний метод** визначення іонів Феруму у розчині заснований на взаємодії у кислому та нейтральному середовищі іонів Феруму(III) і амоній чи калій роданіду з утворенням комплексної сполуки Fe(SCN)<sub>3</sub>, забарвленого в червоний колір. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації іонів Fe<sup>3+</sup> у розчині. Підкислення хлоридною кислотою перешкоджає гідролізу солей Fe(III) і утворенню ферум (III) гідроксиду.

Чутливість методу становить 0,05 мг/дм<sup>3</sup> вмісту Феруму у розчині. Визначенню заважають іони, що також здатні утворювати забарвлені роданідні комплекси.

Утворення ферум (III) роданіду відбувається за схемою реакції:



#### 4. Виконання експериментальної роботи

### Рекомендації до виконання дослідів:

#### Дослід № 1. Аргентометричний метод якісного визначення хлорид-іонів у воді

В пробірку налейте 5 мл досліджуваної води, додайте 3 краплини 10 % розчину  $\text{AgNO}_3$  та помірно перемішайте. Приблизний вміст  $\text{Cl}^-$  іонів визначаєте за даними таблиці 4.

**Таблиця 4.** Якісне визначення приблизного вмісту іонів  $\text{Cl}^-$  у воді

Характеристика помутніння розчину	Приблизний вміст іонів $\text{Cl}^-$ , г/л
Опалесценція або слабе помутніння	$0,001 \div 0,01$
Сильне помутніння	$0,01 \div 0,05$
Утворюється осад, який не відразу випадає	$0,05 \div 0,1$
Білий об'ємний осад	більше 0,1

Вміст  $\text{Cl}^-$  іонів у воді становить \_\_\_\_\_ г/л.

#### Дослід № 2. Фотометричне визначення іонів Феруму у воді

Увімкніть КФК-2 в електромережу та дайте нагрітися приладу протягом 30 хвилин.

Проведіть фотометричне визначення Феруму саліциловим методом. Для приготування серії калібрувальних розчинів ферум(III) саліцилату, до відповідного об'єму розчину додайте 2-3 краплини 0,1 % спиртового розчину саліцилової кислоти та доведіть утворений забарвлений комплекс до мітки дистильованою водою.

Приготуйте серію забарвлених розчинів ферум(III) саліцилату з концентраціями іонів Феруму(III) 0,01; 0,03 та 0,05 М по 50 мл кожен. Для цього утри мірні колби на 50 мл відміряйте піпеткою необхідний об'єм маточного 0,1 М розчину  $\text{Fe}^{3+}$  (розрахуйте відповідний об'єм за законом еквівалентів), додайте 3 краплини 0,1 % спиртового розчину саліцилової кислоти та доведіть до мітки дистильованою водою. Розчини перед вимірюванням залиште на 10 хвилин.

Вимірювання проводьте за довжини хвилі 440 нм. Одержані дані внесіть до таблиці 5.

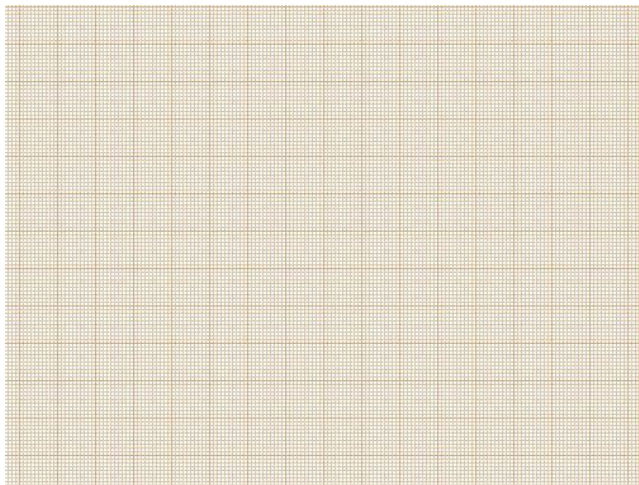
**Таблиця 5.** Експериментальні дані фотометрії ферум(III) саліцилату

D, від.од.	C(Феруму(III)), мг/л
	<b>0,01</b>
	<b>0,03</b>

	<b>0,05</b>
--	-------------

Побудуйте графік залежності «оптичної густини від концентрації ферум(III) саліцилату».

Проведіть фотометричне визначення Феруму роданідним методом. Для приготування серії калібрувальних розчинів ферум(III) роданіду, додайте 10 % водний розчин калій роданіду, який приготуйте, відваживши 1 г калій роданіду та розчинивши його у 9 мл дистильованої води.



Залежність оптичної густини від концентрації ферум(III) саліцилату

Приготуйте серію забарвлених розчинів ферум(III) роданіду з концентраціями іонів Феруму(III) 0,01; 0,03 та 0,05 М по 50 мл кожен. Для цього у три мірні колби на 50 мл відміряйте піпеткою необхідний об'єм маточного 0,1 М розчину  $Fe^{3+}$  (розрахуйте відповідний об'єм за законом еквівалентів), додайте 3 краплини 10 % розчину роданіду та доведіть до мітки дистильованою водою. Розчини перед вимірюванням залиште на 10 хвилин.

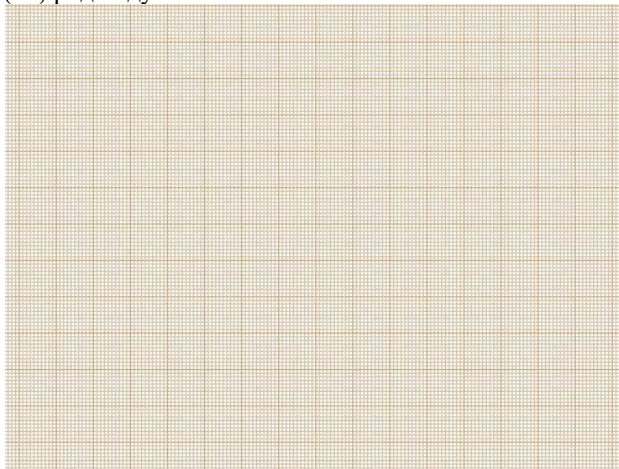
Вимірювання також проводьте за довжини хвилі 440 нм. Одержані дані внесіть до таблиці 6.

**Таблиця 6.** Експериментальні дані фотометрії ферум(III) роданіду

<b>D, від.од.</b>	<b>C(Феруму(III)), мг/л</b>
-------------------	-----------------------------

	<b>0,01</b>
	<b>0,03</b>
	<b>0,05</b>

Побудуйте графік залежності «оптичної густини від концентрації ферум(III) роданіду».



Залежність оптичної густини від концентрації ферум(III) роданіду

*5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

**Теми повідомлень:**

Фотометричне визначення іонів металів

Способи очистки промислових вод

Методи титрування та їх значення

Якісне та кількісне визначення іонів спектральними методами

**Рекомендована література**

**Основна:**

1. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 339 с.



2. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4

3. Литвин В.А. Основи нанохімії Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. 268 с.

#### ***Додаткова:***

1. P. Tundo, V. Esposito. Green Chemical Reactions. Springer, 2003. 213 p.

2. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. Wiley Verlag, 2008. 275 p.

#### ***Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:***

1. Хімія як основа сучасних матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/itfbd>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

**Дата**

**Підпис викладача**

#### Лабораторне заняття № 7

### **Тема: МІЖНАРОДНІ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ПІКТОГРАМИ НЕБЕЗПЕКИ**

**Мета:** освоїти системи класифікацій та маркування хімічної продукції; навчитися маркувати хімічні речовини за допомогою піктограм небезпеки та спеціальних фраз GHS

**Основні поняття:** основи токсикології, екологічний ризик, знаки маркування, системи класифікації та маркування: стандарт NFPA 704, REACH та GHS, піктограми небезпеки.

#### **План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання практичної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

### Інструкція до виконання:

#### 2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

#### 3. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

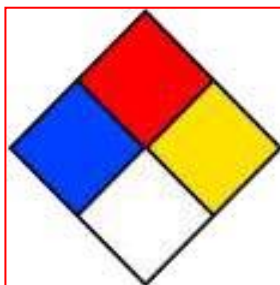
Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

### *Контрольні запитання/завдання*

1. Основні поняття токсикології та екологічний ризик.
2. Міжнародні системи маркування хімічних речовин.
3. Піктограми або знаки безпеки.
4. Знаки маркування побутових речовин.

## МІЖНАРОДНІ СИСТЕМИ МАРКУВАННЯ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

### Стандарт NFPA 704 (США, Канада)



- **небезпека для здоров'я – ліве блакитне поле;**
- **пожежна безпека – верхнє червоне поле;**
- **небезпека хімічної взаємодії – праве жовте поле;**
- **особливі примітки – нижнє біле поле.**

*Давайте розглянемо кожен з показників небезпеки та їх значення:*

**Небезпека для здоров'я людини:**

**4 – Вкрай небезпечно!** Без спеціального захисту уникати будь-якого контакту з парою або рідинами. **3 – Дуже небезпечно!** Перебування в небезпечній зоні можливе лише в спецодязі і протигазі. **2 – Небезпечно!**

Перебування в небезпечній зоні можливе лише в протигазі та спецодязі.  
**1 – Незначна небезпека.** Рекомендується використовувати протигаз. **0 – Особливої небезпеки немає.**

**Пожжезна небезпека:** **4 – Легкозаймисті речовини за будь-яких температур.** **3 – Небезпека займання за нормальної температури.** **2 – Небезпека займання під час нагрівання.** **1 – Небезпека займання тільки під час нагрівання.** **0 – За звичайних умов небезпека займання відсутня.**

**Небезпека хімічної взаємодії:** **4 – Висока небезпека вибуху!** Створити зону безпеки. У випадку пожежі звільнити територію. **3 – Небезпека вибуху в результаті нагрівання або сильного струшування, під час удару тощо.** Створити зону безпеки. **2 – Можлива бурхлива хімічна реакція.** Посилені заходи захисту. Гасити пожежу лише з безпечної відстані. **1 – Речовина стає нестабільною тільки під час нагрівання.** Необхідні захисні заходи. **0 – За нормальних умов небезпека відсутня.**

**Додаткові позначення:**

**W** – вода дозволена для гасіння пожежі.

**OX** – хімічна продукція є окисником.

**COR** – позначення для їдкої речовини.

**BIO** – біологічна небезпека.

**POI** – отруйна дія.

**CRYO** – низька температура.



– значна небезпека радіоактивного випромінювання.

Ці показники допомагають оцінити рівень небезпеки та взяти відповідних заходів захисту та безпеки.

### Європейські Стандарти REACH та GHS

Європейські стандарти маркування хімічної продукції використовуються у формі піктограм, які наведено в таблиці 7.

Таблиця 7. Піктограми небезпеки

Небезпека	Піктограми REACH	Піктограми GHS	Приклад речовин
<b>Фізична небезпека</b>			
Вибухо-небезпечно			тротил, пikринова кислота.

Окисники			$O_2$ , $ClO_2$ , $K_2Cr_2O_7$
Пожежо-небезпечно			пропан, бутан, дітиловий ефір
Корозійна, ідка дія			$HCl$ , $NaOH$ $Br_2$
Гази під тиском	Піктограми немає		зріджені вуглеводневі гази
<b>Небезпека для здоров'я людини</b>			
Гостра токсичність			$HF$ , $Br_2$ , $HCN$
Небезпечна або інша подразнююча дія		 	вуглеводні, лімонен, ментол  $C_6H_6$ , $CH_3OH$ , ізоціанати, петролейний ефір
<b>Небезпека для навколишнього середовища</b>			

Токсичність для водних організмів			натрій гіпохлорит, інсектициди, аміак
-----------------------------------	---	---	---------------------------------------

У таблиці 8 наведено найпоширеніші побутові піктограми різних речовин та матеріалів.

**Таблиця 8. Побутові піктограми**

Піктограма	Опис
<b>Друга категорія</b>	
<b>Пластик</b>	
	<b>ПЕТ (PET)</b> – знак, що використовується при створенні коробкових, банкових, пляшкових ємностей для твердих і рідких продуктів (вода, сік, порошки та інше), деякі частини одягу і взуття
	<b>ПЕВТ (HDPE)</b> - відрізняється більш високою густиною, що дозволяє створювати міцні канистри для маслянистих речовин, ємності для відбілюючих засобів, порошоків тощо
	<b>ПВХ (PVC)</b> - полімер, з якого виготовляються труби, покриття для вікон, в таких виробках зберігаються жири для їжі і різні сипучі харчові речовини
	<b>ПЕНТ (LDPE)</b> - з даного полімеру складається черепаця, мішки для сміття, упаковки з пластику, які можна зігнути
	<b>ПП (PP)</b> - поліпропілен, який використовується для виготовлення одноразового посуду, різних іграшок, пляшкових кришок, пакетів з-під макаронів та ін. ; хоча з поліпропіленової продукції можна

	їсти і пити, проте не рекомендується вживати з неї спиртні напої, адже є великий ризик потрапляння в організм канцерогенів, які містяться в такому матеріалі. Поліпропілен також підлягає утилізації
	<b>ПС (PS)</b> - з полістиролу виготовляють ручки, харчову плівку, контейнери для яєць, горщики для квітів, деякі види валіз і ін. Даний вид полімеру відрізняється тим, що може легко спалахнути
	<b>О (Other)</b> - знак утилізації, який свідчить про принципову неможливість переробки даного полімерного продукту (частіше це полікарбонат). Такі відходи зберігаються на спеціальних полігонах
<b>Метали</b>	
	<b>ФЕ (FE)</b> - сталева продукція, наприклад, банка з -під згущеного молока
	<b>АЛУ (ALU)</b> - алюмінієві ємності, наприклад, банка з-під пива чи енергетика
Всю металеву упаковку можна відправити на переробку в пункт прийому металобрухту і зовсім не важливо, який це вид металу: мідь, алюміній, нержавіюча сталь або чормет (звичайна сталь).	
<b>Папір</b>	
	<b>ПАП (PAP)</b> - товари з гофрованого картону, наприклад, ємності з-під техніки, косметичних препаратів

	<p><b>ПАП (PAP)</b> - інший вид картону (обкладинки для книг, листівки)</p>
	<p><b>ПАП (PAP)</b> - вироби з паперу (папір для друкування, газетна продукція);</p>
<p>Всі упаковки позначені знаками 20-22 можна здати, як макулатуру. До речі, це один із видів вторсировини, який найбільш легко переробляється, тому пункти прийому є навіть в найменших містах.</p>	
<p><b>Органічні речовини</b></p>	
	<p><b>ФОР (FOR)</b> – вироби з дерева (столи, стільці, луки тощо)</p>
	<p><b>ФОР (FOR)</b> – дерев'яні корки, які використовуються для виготовлення устілок для взуття, підставок на столи</p>
	<p><b>ТЕКС (TEX)</b> – вироби з бавовни (тканини, нитки, вата)</p>
	<p><b>ТЕКС (TEX)</b> - знак вторинної переробки, яким позначено волокно з джуту, що застосовується при виробництві канатів і мішків</p>
<p>Вторинна переробка використовуваних товарів представляється знаками <b>GL</b> з числами від 70 до 79 і числами: 80-85, 87, 90-92, 95-98 - відповідно для скла та композиту</p>	
<p><b>Деякі екомаркування</b></p>	
	<p><b>«Не викидати! Віддати в пункт утилізації!»</b> - цей товар не можна ні в якому разі викидати: його необхідно здати в місце, де такі речі сортують і спеціальним чином переробляють</p>

	<p><b>«Викинути в сміттєвий контейнер»</b> - знак, що закликає до бережного ставлення до місця, де ми живемо</p>
	<p><b>«Петля Мебіуса»</b> - так званий «<b>значок переробки</b>», він показує, що річ вже була перероблена з матеріалів і може бути утилізована знову</p>

#### 4. Виконання практичної роботи

Використовуючи дані **таблиці 8**, опишіть такі побутові предмети: одноразовий пластиковий стаканчик, картон, офісний папір, одноразовий пакет, пластикову тару з – під шампуні, фарбу «серебрянку», металічну ложку, пальчикові батарейки.

Якими піктограмами GHS можна позначити такі речовини:  $C_6H_6$ ;  $K_2Cr_2O_7$ ;  $CH_4$ ;  $C_6H_2(NO_2)_3OH$ ;  $KCN$ ;  $LiOH$ ? Замалюйте відповідні піктограми. Охарактеризуйте дані речовини відповідно до Стандарту NFPA 704

#### 5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

##### **Теми повідомлень:**

Історія виникнення та розвитку токсикології

Поняття про СДОР та ГДК

Піктограми маркування продукції

Забруднення навколишнього середовища та способи боротьби з ним

Парниковий ефект та кислотні дощі: основні ризики для планети, хімізм їх виникнення

#### **Рекомендована література**

##### **Основна:**

1. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 339 с.



2. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4

3. Литвин В.А. Основи нанохімії Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. 268 с.

#### *Додаткова:*

1. Ionic Liquids in Synthesis: Ed. by P. Wasserscheid and T. Welton. Wiley, 2008. 721 p.

2. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. Wiley Verlag, 2008. 275 p.

#### *Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:*

1. Роль хімії в сучасному матеріальному виробництві. біо-, нанотехнології [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.10minschool.ua/video/680>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття № 8

### **Тема: ВИВЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕЯКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

**Мета:** освоїти методики визначення кількісних характеристик якості харчових продуктів.

**Основні поняття:** фізико-хімічні методи дослідження якості харчових продуктів, рефрактометрія, колориметрія, мікроскопія, органолептичні показники якості, методи титрування.

#### **План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

#### **Інструкція до виконання:**

2. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

### 3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

#### **Контрольні запитання/завдання**

1. Фізико-хімічні методи дослідження харчових продуктів.
2. Метод рефрактометрії.
3. Метод колориметрії.
4. Люмінесцентний аналіз.
5. Титриметричні методи аналізу харчових продуктів.
6. Органолептичні показники якості продуктів.
7. Хімічні тест-методи.

#### **ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ**



### 4. Виконання експериментальної роботи

#### **Рекомендації до виконання дослідів:**

##### Дослід № 1. Ідентифікація олій та жирів за допомогою якісного люмінесцентного аналізу

Люмінесценція, яка відбувається у більшості олій та жирів, може бути використана для їх якісного розрізнення. Наприклад: масло вершкове може мати колір люмінесценції від блідо- до яскраво-жовтого під впливом УФ-світла; вершковий маргарин зазвичай дає світло-блакитний колір люмінесценції; маргарин столовий може мати блакитно-сірий колір під впливом УФ-світла.

Олії мають свою специфічну люмінесценцію: соняшникова олія може виділяти слабку люмінесценцію жовто-блакитного кольору; льняна олія може мати блідно-блакитний колір під час люмінесценції; маслинова олія може мати яскравий синій колір в УФ-світлі.

Забруднення соняшникової олії мінеральними маслами (наприклад, машинними) може бути виявлене навіть в малих концентраціях через появу характерної яскраво-блакитної люмінесценції.

Просвітїть лампою Вуда (УФ-лампіою) видані вам зразки масла та олій. За характерним світінням ідентифікуйте одержані жири.

### Дослід № 2. Перевірка якості яєць за допомогою якісного люмінісцентного аналізу

Люмінесценція під дією УФ-випромінювання дозволяє також оцінити якість яєць без розкриття їх шкарлупи. Відповідно якщо колір світіння змінюється від малинового до блакитно-сірого (через утворення пігменту овопорфірину), то перед вами зразок не свіжого яйця.

Освітїть лампою Вуда видані вам зразки яєць та за кольором люмінесценції зробіть висновок про їх свіжість.

### Дослід № 3. Визначення вмісту спирту у пиві рефрактометричним методом

Пробу пива налийте у склянку та нагрївайте на водяній бані протягом 15 хвилин, не допускаючи кипіння пива. Потім охолодїть пробу до кімнатної температури. Помістїть краплину пива на призму рефрактометра та виміряйте показник заломлення.

**Показник заломлення (n) = \_\_\_\_\_**

Також за допомогою пікнометра (мірна колба на 25 мл зі шліфом) виміряйте густину напою. Для цього зважте сухий пікнометр, наберїть по мітку розчин та зважте повторно. Запишіть одержані маси.

**m<sub>0</sub>(пікнометра) = \_\_\_\_\_ г**

**m<sub>1</sub>(пікнометра з розчином) = \_\_\_\_\_ г**

Густину пива визначайте за формулою:

$$\rho = (m_1 - m_0)/25$$

**$\rho$ (пива) = \_\_\_\_\_ г/мл**

Масову частку спирту у пиві розрахуйте за формулою:

$$\omega = 0,2691(n - 14,5) - 2,774(\rho - 1) \times 100 + 0,323$$

$$\omega(\text{спирту}) = \frac{\quad}{\quad} \%$$

**Дослід № 4. Визначення масової частки води в меді рефрактометричним методом**

Візуально оцінити масову частку води в меді важко, адже сорти меду різного походження володіють різною в'язкістю. Тому для визначення використовують рефрактометричний метод аналізу.

Відомо, що масова частка води в меді вказує на зрілість меду. Відповідно, якщо мед має вологість менше 17 %, то він не піддається процесу бродіння. Якщо вміст вологи є більшим ніж 21 %, то це може спричинити до розшарування та бродіння меду.

Для проведення дослідження обов'язковою умовою є використання рідкого меду, тому якщо мед кристалізований, нагрійте його на водяній бані (T =60 °C) до повного розчинення кристалів та охолодьте для подальшого дослідження.

За допомогою піпетки краплину зразка рідкого меду нанесіть на призму рефрактометра та визначіть значення коефіцієнту заломлення. Значення коефіцієнта заломлення перерахуйте на масову частку води в меді, використовуючи дані таблиці 9.

**Таблиця 9.** Значення коефіцієнта заломлення меду та відповідна масова частка води в ньому (ДСТУ 4497: 2005)

Коефіцієнт заломлення	Масова частка води, %	Коефіцієнт заломлення	Масова частка води, %	Коефіцієнт заломлення	Масова частка води, %
1,5044	13,0	1,4935	17,2	1,4830	21,4
1,5038	13,2	1,4930	17,4	1,4825	21,6
1,5033	13,4	1,4925	17,6	1,4820	21,8
1,5028	13,6	1,4920	17,8	1,4815	22,0
1,5023	13,8	1,4915	18,0	1,4810	22,2
1,5018	14,0	1,4910	18,2	1,4805	22,4
1,5012	14,2	1,4905	18,4	1,4800	22,6
1,5007	14,4	1,4900	18,6	1,4795	22,8
1,5002	14,6	1,4895	18,8	1,4790	23,0
1,4997	14,8	1,4890	19,0	1,4785	23,2
1,4992	15,0	1,4885	19,2	1,4780	23,4
1,4987	15,2	1,4880	19,4	1,4775	23,6
1,4982	15,4	1,4875	19,6	1,4770	23,8
1,4976	15,6	1,4870	19,8	1,4765	24,0

1,4971	15,8	1,4865	20,0	1,4760	24,2
1,4966	16,0	1,4860	20,2	1,4755	24,4
1,4961	16,2	1,4855	20,4	1,4750	24,6
1,4956	16,4	1,4850	20,6	1,4745	24,8
1,4950	16,6	1,4845	20,8	1,4740	25,0
1,4946	16,8	1,4840	21,0		
1,4940	17,0	1,4835	21,2		

В обрахунках врахуйте також те, що за температури дослідження вище 20 °С до показника заломлення додають 0,00023 на кожен °С; якщо нижче 20 °С, то відраховують від показника заломлення 0,00023 на кожен 1 °С.

**Масова частка води в меді ( $\omega$ ) = \_\_\_\_\_ %.**

**Дослід № 5. Визначення вмісту білків у молоці фотоколориметричним методом**

Фотоколориметричний метод визначення білків у молоці базується на використанні ксантопротеїнової реакції між ароматичними залишками білків та концентрованою нітратною кислотою.

Налийте у пробірку 1 мл досліджуваного молока та 9 мл 2 %-го водного розчину NaOH. Суміш у пробірці ретельно струсіть, а потім залиште на 10 хв постояти. В іншу пробірку ємністю 20 мл відберіть піпеткою 1 мл одержаного розчину, додайте 1 мл концентрованої нітратної кислоти та перемішайте вміст скляною паличкою. Нагрівайте пробірку з досліджуваним розчином на киплячій водяній бані протягом 5 хв та охолодіть розчин до кімнатної температури.

Потім обережно краплянками влийте 3 мл 15 %-го розчину амоніаку та 5 мл дистильованої води. Розчин повинен зафарбуватись у жовтий колір, далі його перемішайте та профільтруйте через паперовий фільтр. Фотометруйте розчин відносно кювети порівняння (дистильована вода) за довжини хвилі 440 нм на КФК-2.

Масову частку молочного білку ( $\omega$ , %) розрахуйте за формулою:

$$\omega = K \cdot D,$$

де D – оптична густина розчину; K – коефіцієнт, що одержують при визначенні вмісту білка методом К'ельдаля. У більшості випадків він рівний величині ~7,4 %.

**Масова частка білка в молоці ( $\omega$ ) = \_\_\_\_\_ %.**

**Дослід № 6. Визначення вмісту кофеїну в каві фотоколориметричним методом за ДСТУ 4394: 2005**

Відважте 1,5 г досліджуваної кави та помістіть у термостійку склянку, в яку налейте 100 мл киплячої дистильованої води. Дайте розчину настоятись та охолодіть його до кімнатної температури. Коли розчин охолоне, кількісно перенесіть його у мірну колбу на 250 мл та доведіть до мітки дистильованою водою.

У ділільну лійку об'ємом 25 мл налейте 10-15 мл хлороформу, 2 мл досліджуваного розчину та 0,5 мл розчину калій гідроксиду (150 г/л). Закрийте лійку притертим корком та екстрагуйте, помішуючи розчин протягом хвилини. Після розділення суміші нижній хлороформний шар перенесіть у випарювальну чашку. **Намагайтеся не допускати попадання забарвленого водного шару до шару з хлороформом.** Обережно випаруйте хлороформ на водяній бані під витяжною шафою.

До одержаного сухого залишку кофеїну послідовно додайте 1 мл 3 М розчину хлоридної кислоти, намагаючись добре змити залишок із дна чашки, а потім додайте 0,2 мл 15 % розчину гідроген пероксиду. Вміст чашки перемішайте та залиште реагувати протягом 20 хвилин. Потім суміш нагрівайте на водяній бані до одержання сухого залишку тетраметилпурпурової кислоти (ТМПК).

З метою приготування забарвленого водного розчину ТМПК в охолоджену чашку налейте 10-15 мл дистильованої води та помішуйте плавними рухами до повного розчинення. Одержаний пурпуровий розчин ТМПК кількісно перенесіть у мірну колбу місткістю 25 мл і доведіть до мітки дистиліатом.

За допомогою КФК-2 виміряйте оптичну густину розчину (розчин порівняння – дистильована вода) за довжини хвилі 540 нм.

**D(розчину) = \_\_\_\_\_**

Масову частку кофеїну  $\omega$ , %, в перерахуванні на суху речовину обчисліть за формулою:

$$\omega = \left( \frac{1,931 * D}{m} \right) * 100\%$$

де D – оптична густина розчину; m – маса наважки кави, г.

**Масова частка кофеїну  $\omega$ , % становить \_\_\_\_\_**

#### Дослід №7. Визначення титрованої кислотності молока

Спочатку добре промийте бюретку дистильованою водою та 0,1 н розчином натрій гідроксиду. Для приготування розчину лугу відважте 4 г лугу та розчиніть його у мірній колбі на 1 л.

Мірною піпеткою на 10 мл відберіть три аліквоти молока (10 мл кожна) і перелійте їх в конічні колби. В кожен з колб додайте три краплини 1 % спиртового розчину фенолфталеїну.

В бюретку налейте розчин NaOH і титруйте молоко до появи блідо-малинового забарвлення, що не змінюється протягом 1 хв.

Середнє значення титрованої кислотності розрахуйте за формулою:

$$^{\circ}T = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} * 10,$$

де  $V_1, V_2, V_3$  – об'єми розчинів луку, який пішов на титрування, мл.

**Якісне свіже молоко має середню кислотність 16-19<sup>o</sup>T, а зіпсоване – 23<sup>o</sup>T і більше. Молоко, що розведене водою, має кислотність нижчу за 16<sup>o</sup>T.**

**$^{\circ}T =$  \_\_\_\_\_.** Це означає, що молоко \_\_\_\_\_ якості.

*5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

**Теми повідомлень:**

Методи визначення фальсифікації товарів

Фізико-хімічні методи дослідження молока

Методи дослідження меду

Фізичні та хімічні методи дослідження алкогольних напоїв

Методи дослідження м'ясних продуктів

### Рекомендована література

**Основна:**

1. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 339 с.

2. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4

3. Литвин В.А. Основи нанохімії Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. 268 с.

**Додаткова:**

1. Ionic Liquids in Synthesis: Ed. by P. Wasserscheid and T. Welton. Wiley, 2008. 721 p.

2. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. Wiley Verlag, 2008. 275 p.

**Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:**

1. Роль хімії в сучасному матеріальному виробництві. біо-, нанотехнології [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.10minschool.ua/video/680>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

**Дата**

**Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 9

**Тема: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕСІВ**

**Мета:** освоїти методики синтезу матеріалів за допомогою золь-гель процесів.

**Основні поняття:** сучасні синтетичні матеріали, золь-гель процеси, метод співсаджання, метод Елмора, метод Печіні, ЗГА процес, темплатний синтез.

**План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

**Інструкція до виконання:**

2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

3. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

***Контрольні запитання/завдання***

1. Сучасні методи синтезу матеріалів.



2. Особливості золь-гель процесів.
3. Золь-гель методи співосадження. Метод Елмора.
4. Золь-гель метод Печіні.
5. Золь-гель синтез за участю автогоріння (ЗГА).

## ОСОБЛИВОСТІ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕСІВ

Золь-гель процес є важливим методом отримання різноманітних матеріалів з розчинів, основним елементом яких є утворення гелю на одній зі стадій процесу.

### *Основні стадії золь-гель методу включають:*

**Змішування вихідних реагентів:** На цій стадії вихідні реагенти зазвичай реагують у водному або органічному середовищі, щоб утворити колоїдний розчин - золь.

**Утворення твердої фази – золю:** Реакції гідролізу і поліконденсації ведуть до утворення частинок гідроксидів, які утворюють золь - колоїдний розчин.

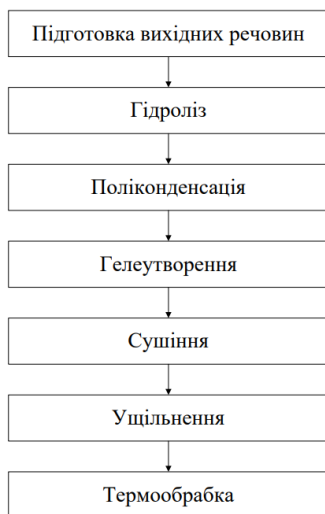
**Перехід золю в гель:** Збільшення об'ємної концентрації дисперсної фази або зміна зовнішніх умов (наприклад, рН або заміна розчинника) призводять до утворення монолітного гелю, в якому молекули розчинника укладені в тривимірну сітку.

**Сушіння:** На цій стадії відбувається видалення розчинника з гелю. Використовуються різні методи, такі як діаліз, ультрафільтрація, упарювання або екстракція, для концентрування золів та утворення гелеутворення.

**Термообробка:** Зазвичай використовується для подальшого стабілізування і формування структури матеріалу.

Продукти золь-гель синтезу можуть використовуватися як вихідні речовини для отримання оксидних нанопорошків, тонких плівок або кераміки. Цей метод також ефективний для отримання ксерогелей з вираженою квазіодновимірною структурою.

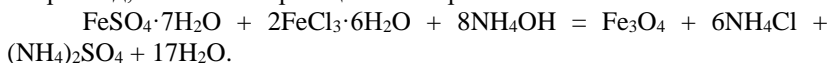
На рис. 8 зображено загальну схему золь-гель процесів.



**Рис. 8.** Загальна схема золь-гель процесів

До різновидів золь-гель методів можна віднести полімер-гель процес, в якому утворення гелю досягається введенням в вихідний розчин водорозчинного полімеру з подальшим упарюванням, золь – гель метод за участю автогоріння (ЗГА) і метод Печіні (цитрат-гель).

Золь – гель методом співосадження можна синтезувати, наприклад, магнетит за реакцією Елмора:



Використання амоній гідроксиду у якості лугу-осаджувача забезпечує необхідні м'які умови реакції співосадження та сприяє утворенню в ході реакції осаду стехіометричного магнетиту  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  з рівним вмістом ферум(II і III) оксидів. У разі жорстких умов протікання реакції під дією гідроксиду лужного металу можливе утворення магнетиту змінного складу  $m\text{FeO}n\text{Fe}_2\text{O}_3$  (при  $m \neq n$ ), що може, наприклад, погіршити магнітні властивості одержаного матеріалу.

ЗГА-метод є різновидом золь-гель способу синтезу хімічно-модифікованих матеріалів, який на сьогоднішній день широко використовується на практиці. Цей метод є досить простим і не потребує складної або дороговартісної апаратури, тому він є одним з найбільш перспективних методів отримання наноматеріалів. Використання теплоти екзотермічних реакцій під час синтезу порошків у ЗГА-методі дозволяє економно використовувати енергію. У багатьох випадках цей

процес розвивається стаціонарно, що означає, що реакція відбувається вузькою високотемпературною зоною горіння, що сприяє синтезу матеріалу.

#### 4. Виконання експериментальної роботи

##### Рекомендації до виконання дослідів:

**Дослід № 1. Синтез наноферитів методом ЗГА (золь – гель метод за участю автогоріння)**

Для синтезу конкретного фериту потрібно виконати необхідні розрахунки мас солей та лимонної кислоти, враховуючи мольне співвідношення між двохвалентним, трьохвалентним металами та лимонною кислотою (1:2:3). Відважені компоненти розчиніть у 50 мл дистильованої води, сюди ж покравельно додайте 10-15 мл концентрованого розчину амоніаку для сворення рН = 7-9 (перевіряйте універсальним індикаторним папірцем).

Розчин перенесіть у високу хімічну склянку та нагривайте на електричній плитці до повного випаровування розчинника з утворенням густого гелю, який після висихання має самоспалахувати з утворенням відповідних феритів.

Після закінчення реакції автогоріння одержану масу синтезованого фериту розітріть у ступці та промийте 5 – 7 разів невеликою кількістю дистильованої води (до нейтральної реакції, перевіряйте універсальним індикаторним папірцем) та висушіть на повітрі.



Вихідні реактиви:

0,01 моль  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  марки «ч.д.а.»,  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г

0,02 моль  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  марки «ч.д.а.»,  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г

0,03 моль  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  марки «ч.д.а.»,  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г



Вихідні реактиви:

0,01 моль  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  марки «ч.д.а.»,  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г

0,02 моль  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  марки «ч.д.а.»,  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г

0,03 моль  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  марки «ч.д.а.»,  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г



Вихідні реактиви:

0,01 моль  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  марки «ч.д.а.»,  $m =$  \_\_\_\_\_ г

0,02 моль  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  марки «ч.д.а.»,  $m =$  \_\_\_\_\_ г

0,03 моль  $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$  марки «ч.д.а.»,  $m =$  \_\_\_\_\_ г

### Дослід № 2. Синтез магнетиту методом співосадження (Елмора)

*Дослід виконуйте у витяжній шафі!!!* Відважте 6 г  $FeSO_4 \cdot nH_2O$  та 12 г  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  та розчиніть дану суміш в 250 мл дистилату (при потребі профільтруйте розчин через вату). Одержаний розчин перелийте у ділильну лійку.

В хімічну склянку на 500 мл налейте 75 мл 25 % розчину  $NH_3$  і поставте на шейкер (змішувач). Вмикніть шейкер на помірне перемішування і відкрийте кран ділильної лійки, щоб розчин прокапував (або тік маленькою цівкою) в склянку з аміаком. Коли розчин солей Феруму(II, III) прокапає весь, то утворений магнетит промийте декантацією 10 разів по 200 мл дистилату (при вливанні порції води суміш добре перемішайте, осаджуйте магнетит на постійному магніті). Потім магнетит висушіть на повітрі.

### Дослід № 3. Одержання гелю силікатної кислоти та пірогенного кремнезему

В хімічну склянку налейте до 50 мл силікатного клею, розведеного дистилатом (1:2), додайте по крапельно 10 – 20 мл 10 % розчину  $HCl$ . При перемішуванні спостерігайте утворення прозорого гелю силікатної кислоти. Утворений гель промийте водою декілька разів та висушіть на повітрі.

Для одержання пірогенного кремнезему гель силікатної кислоти прожарте протягом 1 год в муфельній печі за температури 400 – 500 °С.

### Дослід № 4. Одержання розчину колоїдного золота

Відважте по 5 г лимонної та винної кислот кожен окремо та помістіть їх в окремі високі хімічні склянки. В кожен склянку додайте по 100 мл дистильованої води та перемішайте речовини до утворення розчинів.

Поставте будь-який із розчинів на електричну мішалку та увімкніть на помірне перемішування. До розчину по крапельно влийте 1-

2 мл розчину тетрахлоридоауратної(III) кислоти та продовжуйте перемішувати до появи забарвлення.

Аналогічну процедуру повторіть із другою склянкою.

Чи однакове забарвлення в обох склянках? Залиште обидві склянки з колоїдним золотом на декілька хвилин. Чи змінюється забарвлення розчинів? Чому це відбувається?

5. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

**Теми повідомлень:**

Методи синтезу наноматеріалів

Історія виникнення та розвиток нанотехнологій

Використання золь-гель процесів

Темплатний та гідротермальний синтез

Синтез та використання колоїдних розчинів металів

**Рекомендована література**

***Основна:***

1. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 339 с.

2. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4

3. Литвин В.А. Основи нанохімії Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. 268 с.

***Додаткова:***

1. Ionic Liquids in Synthesis: Ed. by P. Wasserscheid and T. Welton. Wiley, 2008. 721 p.

2. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. Wiley Verlag, 2008. 275 p.

***Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:***

1. РОЛЬ ХІМІЇ В СУЧАСНОМУ МАТЕРІАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ. БІО-, НАНОТЕХНОЛОГІЇ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.10minschool.ua/video/680>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

**Дата**

**Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 10

**Тема: РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ**

**Мета:** закріпити вивчений матеріал тем шляхом розв'язування розрахункових задач.

**Основні поняття:** хімічні формули, хімічні рівняння, розрахункові задачі.

**План заняття:**

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Розв'язування розрахункових задач.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

**Інструкція до виконання:**

2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

3. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

***Контрольні запитання/завдання***

1. Диференціація сучасних хімічних наук.
2. Основні поняття супрамолекулярної хімії.
3. Основи хімії високих енергій.
4. Основи нанохімії.
5. Основні поняття «зеленої» хімії

4. *Розв'язування розрахункових задач*

**Розв'яжіть задачі:**

1. Природний газ, який використовується в якості альтернативного палива для автомобілів, має такий об'ємний склад:  $\text{CH}_4$  85 %,  $\text{H}_2\text{O}$  5 %,  $\text{N}_2$  10 %. Обрахуйте, який об'єм повітря (н.у.) потрібно використати для спалювання  $1 \text{ м}^3$  цього газу?

2. Одним із сучасних каталізаторів, які використовуються в органічному синтезі, є губчастий нікель. В присутності нікелевого каталізатору 14 г алкену приєднує 5,6 л водню (н.у.). Визначте формулу алкену.

3. В процесі одержання синтетичного каучуку методом Сергія Васильовича Лебедева використовували етанол, пари якого пропускали над нагрітим каталізатором. При цьому одержали 1,3 – бутадієн, водень та воду. Яку масу бутадієну вдалося одержати з 250 л етанолу ( $\rho=0,8 \text{ г/мл}$ ), якщо відносний вихід продукту становив 85 %?

4. Щоб знешкодити 70 г суміші фенолу, толуєну та аніліну спочатку було використано сухий хлороводень. Осад, масою 15 г, що при цьому утворився, відділили. До суміші, що залишилась, додали надлишок розчину калій гідроксиду, при цьому суміш розшарувалась. Верхній шар відділили, після чого маса фільтрату зменшилась на 15,3 г. Знайти масову частку ( $y \%$ ) фенолу в початковій суміші.

5. В якості авіаційного пального використовують суміш очищеного керосину ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) та етанолу в об'ємному співвідношенні (1:1). Який об'єм повітря (н.у.) використається на повне спалювання 10 л цієї суміші, якщо  $\rho(\text{керосину}) = 0,78 \text{ г/мл}$ , а  $\rho(\text{етанолу}) = 0,81 \text{ г/мл}$ ?

6. Продукти спалювання 1,2 – диметилбензену масою 5 г утилізували 2 М розчином вапняної води, об'ємом 150 мл. Визначте масу крейди, що при цьому утворилась.

7. Встановіть формулу насиченої одноосновної карбонової кислоти, якщо відомо, що на нейтралізацію 7,04 г цієї кислоти використано 16,95 мл розчину калій гідроксиду ( $\rho = 1,18 \text{ г/мл}$ ,  $\omega = 22,4 \%$ ).

8. В побуті використовується 9 % розчин оцтової кислоти – столовий оцет. Який об'єм оцтової есенції ( $\omega = 70 \%$ ,  $\rho = 1,08 \text{ г/мл}$ ) потрібно використати для одержання 1 л столового оцту ( $\omega = 9 \%$ ,  $\rho = 1,008 \text{ г/мл}$ )?

9. Ця рідина використовується для виготовлення промислових розчинників. На спалювання цього гомолога бензену масою 5,36 г витратили 57,6 л повітря (н.у.). Визначте формулу цього ароматичного вуглеводню.

10. У реакцію естерифікації вступило 15 г етанолу. Розрахуйте масову частку виходу етилацетату, якщо його вдалося одержати 15 г.

11. Фільтрувальний папір, масою 150 г піддали повному гідролізу і в результаті одержали глюкозу, яку піддали спиртовому бродінню. Яку масу 90 % етанолу можна одержати, якщо вихід продукту становить 85 %?

12. Яку масу картоплі, що містить 15 % крохмалю, потрібно використати для одержання 100 л 96 % етанолу ( $\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,81 \text{ г/мл}$ )?

5. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

**Теми повідомлень:**

Сучасна хімічна наука в Україні

Сучасні полімери та їх використання

Використання речовин у косметичці та парфюмерії

Нові матеріали з незвичними властивостями

Біосинтез та біотехнології

**Рекомендована література**

***Основна:***

1. Академічна еліта хімії в Україні: навчальний посібник / Григорій Олександрович Ковтун; В.о. НАН України. Ін-т біоорган. хімії та нафтохімії, Ніжин. держ. пед. ун-т ім. М. Гоголя. — Ніжин: Вид-во Ніжин. держ. пед. ун-ту ім. М. Гоголя., 2006. 111 с.

2. Голуб Н.П., Гомонай В.І., Баренблат І.О., Козьма А.А., Дзямко В.М., Мільович С.С., Стерчо І.П. Медична хімія (фізична, колоїдна та біоорганічна хімія). Навчальний посібник до лабораторного практикуму для студентів медичного факультету. – Ужгород: Видавництво «ФОП Сабов А.М.», 2017. 104 с.

3. Ковальчук Є.П., Остапович Б.Б., Ковалишин Я.С. Хімічна і біологічна сенсорика. - Львів: ЛНУ ім. І. Франка., 2012. 339 с.

4. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу: підручник. – Одеса: «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4

5. Столяр О.Б., Гнатишина Л.Л. Супрамолекулярна хімія: Навч. посібник. Тернопіль.: Вид-во ТНПУ., 2019. 147 с.

6. Литвин В.А. Основи нанохімії – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. 268 с.



7. P. Anastas Handbook of Green Chemistry, Volume 4: Supercritical Solvents. / Edited by Peter Wasserscheid and Annegret Stark. – WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, 2010. 478 p.

#### *Додаткова:*

1. Handbook of Green Chemistry. Volume 9: Designing Safer Chemicals, First Edition. / Edited by Robert Boethling and Adelina Voutchkova. – Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA., 2012. 524 p.

2. W. Nelson. Green Solvents for Chemistry: Perspectives and Practice. – Oxford University, 2003. 390 p.

3. Ionic Liquids in Synthesis: Ed. by P. Wasserscheid and T. Welton. – Wiley, 2008. 721 p.

4. J. Clark, D. Masquarrie. Handbook of Green Chemistry. – Blackwell., 2002. 532 p.

5. P. Tundo, V. Esposito. Green Chemical Reactions. – Springer., 2003. 213 p.

6. G. Rothenberg. Catalysis: Concepts and Green Applications. – Wiley Verlag, 2008. 275 p.

7. D. Adams, P. Dyson, S. Tavener. Chemistry in Alternative Reaction Media. – Wiley, 2008. 251 p.

8. Green Reactions Media in Organic Synthesis: Ed. by K. Mikami. – Blackwell, 2005. 187 p.

9. J. Hagen Industrial Catalysis: a Practical Approach. – Wiley. 2006. 507 p.

10. M. Lancaster Green Chemistry: An Introductory Text. – New York: Royal Society of Chemistry, 2002. 300 p.

#### *Інтернет ресурси:*

1. Хімія як основа сучасних матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/itfbd>

2. Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=5583>

3. Попереджувальні символи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kiilto.ua/ua/pro-kiilto/navkolishnye-seredovishe-ta-bezpeka/poperedzhuvalni-simvoli/>

4. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

5. GreenChemistry: PrinciplesandPractice [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/cs/b918763b#1divAbstract>

6. PaulAnastas [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Paul\\_Anastas](https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Anastas)

7. РОЛЬ ХІМІЇ В СУЧАСНОМУ МАТЕРІАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ. БІО-, НАНОТЕХНОЛОГІЇ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.10minschool.ua/video/680>

**Дата**

**Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 11

**Тема:** МКР №2 «Роль сучасної хімії для розвитку суспільства»

*Обсяг вимог визначається програмою*

