Житомирський державний університет
імені Івана Франка
Природничий факультет
Кафедра хімії

ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Обов'язкової освітньої компоненти

«СИНТЕЗ СУЧАСНИХ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ»

для підготовки здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти

Галузь знань	*Е Природничі науки*
Спеціальність	*Е3 Хімія*
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	*Хімія з основами викладання*
Факультет / ННІ	*природничий*

Укладачі:
к.х.н. доцент **Камінський Олександр**,
к.х.н. доцент **Чайка Микола**,
к.х.н., доцент **Чумак Володимир,**
д.х.н., професор **Тітов Юрій**

Розглянуто та схвалено
на засіданні кафедри хімії_
Протокол від « » червня 2025 р. №
Завідувач кафедри_____Олена АНІЧКІНА_

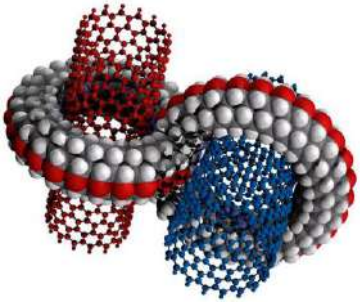
Житомир 2025

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

Камінський О.М., Чайка М.В., Чумак В.В., Тітов Ю.О.

Інструктивно – методичні матеріали до лабораторних занять

СИНТЕЗ СУЧАСНИХ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ



для здобувачів другого
(магістерського) рівня
вищої освіти
спеціальності Е3 Хімія

_____
_____
_____
П.І. студента, група

Житомир – 202__

УДК 54.057:546(076.5)
І-72

Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол № 13 від «27» червня 2025 р.)

Рецензенти:

Володимир ВІЛЕНСЬКИЙ – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.
Галина МАЛАНИЧ – кандидат хімічних наук, старший дослідник, заступник завідувача відділу хімії та технології напівпровідників Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України.
Лілія МИРОНЮК – кандидат хімічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу № 35 фізики і технології фотоелектронних та магнітоактивних матеріалів Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України.

Камінський О.М., Чайка М.В., Чумак В.В., Тітов Ю.О.
Інструктивно-методичні матеріали для виконання лабораторних робіт із обов’язкової освітньої компоненти «Синтез сучасних неорганічних матеріалів» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Е3 Хімія. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. 44 с.

© Камінський О. М., 2025
© Чайка М.В.,, 2025
© Чумак В.В., 2025
© Тітов Ю.О., 2025
© Житомирський державний
університет імені Івана Франка, 2025

ЗМІСТ:

	ВСТУП		**5**
	КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ		**5**
1	Лабораторне заняття № 1	Тема: Особливості хімічного зв'язку в неорганічних матеріалах. Зонна теорія будови бінарних сполук.	**7**
2	Лабораторне заняття № 2	Тема: Синтез сполук на основі Бору, Алюмінію та Силіцію	**10**
3	Лабораторне заняття № 3	Тема: Синтез магнетиту та гематиту різними методами	**16**
4	Лабораторне заняття № 4	Тема: Синтез змішаних неорганічних матеріалів методами співосадження (карбонатним та гідроксидним).	**21**
5	Лабораторне заняття № 5	Тема: Золь-гель синтез матеріалів зі структурою шпінелі	**25**
6	Лабораторне заняття № 6	Тема: Модифікування поверхонь неорганічних матеріалів	**32**
7	Лабораторне заняття № 7	Тема: Одержання титанових сполук методом лужного плавлення	**36**
8	Лабораторне заняття № 8	Тема: Вивчення фотокаталітичних та адсорбційних властивостей синтетичних неорганічних матеріалів	**39**
9	Лабораторне заняття № 9	Тема: МКР № 1 «Сучасні неорганічні матеріали»	**44**

ВСТУП

Обов'язкова освітня компонента "Синтез сучасних неорганічних матеріалів" вивчається здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти на першому курсі і відповідає освітньо-професійній програмі Хімія з основами викладання.

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.

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 І-му та ІІ-му семестрах, зазначений в робочій програмі навчальної дисципліни.

Критерії оцінювання

№	Тема	**Т**	**ТО**	**ЕР**	**ПЗ**	**Д**
		15	25	50	50	10
1	ОХЗВНМ					
2	ССБАС					
3	СМГ					
4	СЗНМ					
5	ЗГС					
6	МПНМ					
7	ОТС					
8	ВФТА					
9	МКР					
Рейтинг		100				

Позначення тем: ОХЗВНМ – Особливості хімічного зв’язку в неорганічних матеріалах. Зонна теорія будови бінарних сполук; ССБАС – Синтез сполук на основі Бору, Алюмінію та Силіцію; СМГ – Синтез магнетиту та гематиту різними методами; СЗНМ – Синтез змішаних неорганічних матеріалів методами співосадження (карбонатним та гідроксидним); ЗГС – Золь-гель синтез матеріалів зі структурою шпінелі; МПНМ – Модифікування поверхонь неорганічних матеріалів; ОТС – Одержання титанових сполук методом лужного плавлення; ВФТА – Вивчення фотокаталітичних та адсорбційних властивостей; МКР – МКР № 1 «Сучасні неорганічні матеріали».

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: СИНТЕЗ СУЧАСНИХ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лабораторне заняття № 1

Тема: ***ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ В НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛАХ. ЗОННА ТЕОРІЯ БУДОВИ БІНАРНИХ СПОЛУК***

Мета: ознайомитися з особливостями хімічного зв'язку у твердих матеріалах та зонною теорією будови бінарних сполук.

Основні поняття: хімічний зв'язок, типи хімічного зв'язку, хімічний зв'язок у твердих матеріалів, зонна теорія будови бінарних сполук.

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 підготуйтесь 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.

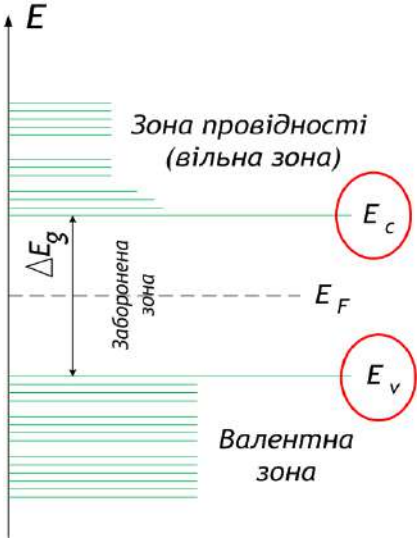
Контрольні запитання/завдання

1. Хімічний зв'язок та його характеристики.
2. Типи хімічного зв'язку у твердотільних матеріалах.
3. Дефекти у твердих матеріалів та їх взаємозв'язок з властивостями.
4. Зонна теорія та її особливості.
5. Зонна теорія будови неорганічних бінарних сполук.

ЗОННА ТЕОРІЯ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ.

Основою зонної теорії структури матеріалів є використання методу молекулярних орбіталей (ММО), адаптованого для кристалічних тіл. У твердих речовинах електрони можуть перебувати лише на чітко визначених енергетичних рівнях, розташованих навколо атомного ядра. Поки електрон залишається на певному рівні, він не випромінює та не

втрачає енергію. Коли ж електрон переходить із більш високого енергетичного рівня на нижчий — енергія вивільняється, а для переходу на вищий рівень необхідне зовнішнє джерело енергії.



Електрони атома розміщуються за рівнем енергії у так званій валентній зоні – це діапазон енергій, де електрони залишаються зв'язаними з ядрами і не здатні самостійно пересуватися по всьому кристалу. Водночас невелика частина електронів може мати вищу енергію та входити до зони провідності (або вільної зони), де вони вже не пов'язані міцно з атомними ядрами і можуть вільно переміщатися в межах твердої речовини.

Саме ці електрони з провідної зони беруть участь у процесі проведення електричного струму в металах та інших провідниках.

Максимальна енергія валентної зони позначається E_v, а мінімальна енергія зони провідності - E_C. Таким чином, ширина забороненої зони (ШЗЗ) становить:

$$\Delta E_g = E_C - E_v$$

Заборонена зона - це така область енергій електронів, яка для даної речовини не характерна, і електронів з такими енергіями у цій речовині немає.

Практично посередині забороненої зони знаходиться ***рівень Фермі*** (***E_F***) - середня енергія електронів в речовині або валентний рівень розташування електронів у атомі.

Ширина забороненої зони (ШЗЗ) не є сталою величиною, а вона залежить від температури:

$$\Delta E_g = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta}$$

де ***$E_g(0)$*** – ширина забороненої зони за нульової температури, α і β - константи, що залежать від природи речовини.

Наприклад, скло при звичайній температурі виступає як діелектрик, але при нагріванні приблизно до 400 °С починає проявляти напівпровідникові властивості. Серед простих речовин найбільша ширина забороненої зони спостерігається у алмазу – вона становить 9,3 еВ. Для того щоб алмаз набув хоча б мінімальних напівпровідникових характеристик, його необхідно довести до розплавленого стану. Однак, відомо, що температура, при якій алмаз спалахує, є нижчою за його температуру плавлення. Цікавим фактом є те, що нанорозмірні алмази (наноалмази) мають здатність проявляти напівпровідникові властивості.

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:

Історія розвитку вчення про хімічний зв'язок.
Лайнус Полінг – засновник ММО.
Дефекти кристалічних градок та їх значення.
Типи кристалічних градок твердих матеріалів.
Напівпровідникові матеріали та їх використання

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.
2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с.
3. В. М. Ледовських Основи синтезу неорганічних речовин : навч. посібник. К. : НАУ, 2019. 240 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.

2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Бібліотека Житомирського державного університету імені Івана Франка. Режим доступу до ресурсу: http://irbis.zu.edu.ua
2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua
3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 2

Тема: ***СИНТЕЗ СПОЛУК НА ОСНОВІ БОРУ, АЛЮМІНІЮ ТА СИЛІЦІЮ***

Мета: освоїти різні методи синтезу неорганічних матеріалів на основі сполук Бору, Алюмінію та Силіцію.

Основні поняття: методи синтезу неорганічних матеріалів, сполуки Бору, Алюмінію, Силіцію, використання оксидних матеріалів

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 підготуйтесь 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 методи синтезу неорганічних сполук: кріосинтез, гідротермальний синтез, золь-гель синтез.
2. Сполуки на основі Бору та їх використання.
3. Сполуки на основі Алюмінію та їх використання.
4. Сполуки на основі Силіцію та їх використання.
5. Синтез комбінованих сполук.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід №1. *Синтез люмінофорів на основі сполук Бору методом сплавляння та визначення часу затухання люмінісценції*

У роботі використайте: сухі речовини: бор (III) оксиду або борної кислоти, саліцилової, оксалатної (щавлевої) та лимонної кислот, нікель (II) ацетату, флуоресцеїну; дистильована вода, піпетки, випарювальні чашки, тиглі або металічні баночки чи бюкси, ваги, електрична плитка, скляні палички, ступка та товкачик, прозорі посудини з корком (пеніцилінові баночки), лампа Вуда (джерело УФ-випромінювання), конічна колба на 250 мл (чи інша прозора скляна посудина) з гумовим корком.

Щоб виготовити хімічний люмінофор, який буде світитись чітко декілька секунд певним кольором, використовуйте речовини ступеня чистоти «ч.д.а.» або «х.ч.» (речовини, що маркуються як «техн.» сильно забруднені, тому їх свічення буде не чітким та нетривалим). Зазвичай, люмінофор містить основну речовину та речовину – активатор, вміст якої повинен знаходитись в межах 2-4 % від маси основного компоненту. (Занадто високий вміст активатора сильно знижує свічення кінцевого люмінофору).

Для виготовлення люмінофору на основі бор (III) оксиду або борної кислоти на вагах окремо відважте 3,5 г бор (III) оксиду або борної кислоти та 0,1 г речовини-активатора (саліцилова, оксалатна (щавлева), лимонна кислоти, флуоресцеїн, нікель (II) ацетат тощо).

Речовини перенесіть у ступку, піпеткою додайте 3-5 мл дистильованої води та добре розітріть товкачиком до стану однорідної каші. Одержану суміш помістіть у випарювальну чашку, тигель чи металічний бюкс та нагрійте на електричній плитці, постійно перемішуючи, до стану в’язкого клею тілесного кольору та припиніть нагрівання. **Не допускайте підгорання суміші – в такому разі люмінофор не вийде!**

Охолодіть суміш до кімнатної температури, розітріть її в дрібний порошок та закоркуйте в прозорій скляній посудині (наприклад, пеніциліновій баночці).

Щоб одержати люмінофор, який засвічується блідим блакитним сяйвом використовуйте саліцилову кислоту; яскраво блакитне сяйво матиме люмінофор з нікель (II) ацетатом; для жовтого свічення використовуйте лимонну чи оксалатну кислоту; жовто – зелене свічення люмінофору надає флуоресцеїн.

Щоб визначити час затухання люмінісценції зразків, кожен із добре розтертих порошків опромінюйте протягом 10 с лампою Вуда та, одночасно умикнувши секундомір і вимкнувши лампу, виміряйте час, коли зникне люмінісценція.

Одержані дані внесіть у таблицю 1.

Таблиця 1. Експериментальні дані

Основа/активатор	**Час світіння, с**
H_3BO_3/саліцилова кислота	
H_3BO_3/лимонна кислота	
H_3BO_3/оксалатна кислота	
H_3BO_3/флуоресцеїн	

Дослід №2. *Визначення впливу маси активатора на час світіння люмінофора*

Проведіть синтез будь-якого люмінофора на основі сполук Бору за методикою, описаною в досліді №1. Проте у даному випадку використайте на ту саму масу бор (III) оксиду або боратної кислоти такі маси активатора: 0,01; 0,03; 0,06; 0,09 та 0,12 г активатора.

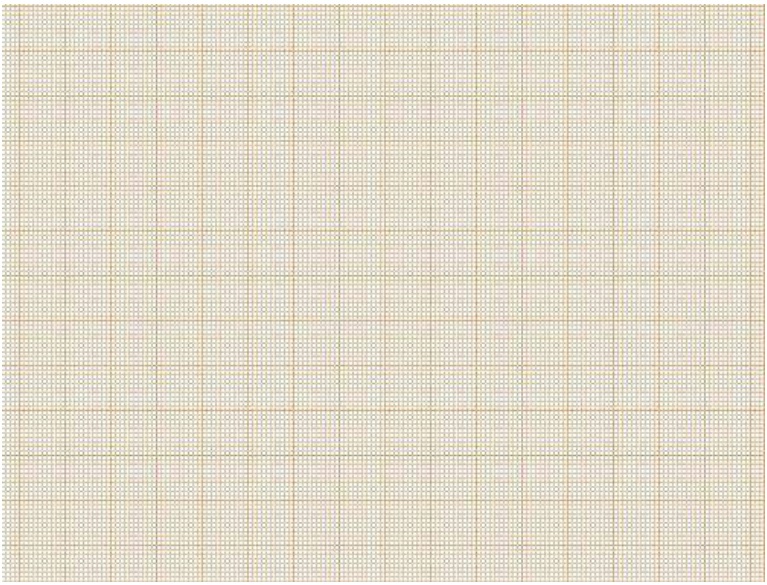
Виміряйте час затухання люмінісценції зразків.

Одержані результати внесіть до таблиці 2.

Таблиця 2. Експериментальні дані

Маса активатора, г	**Час світіння, с**
0,01	
0,03	
0,06	
0,09	
0,12	

На основі експериментальних даних побудуйте графік залежності в координатах «маса активатора – час світіння».



Графік залежності маси активатора від часу світіння

Дослід №3. *Синтез оксидних сполук на основі Алюмінію*

а) синтез алюміній оксиду методом осадження

У склянку налийте 30-40 мл розчину солі Алюмінію та покрапельно додайте 5-10 % розчин лугу або амоніаку до утворення білого драглистого осаду алюміній гідроксиду. Одержаний осад перенесіть на паперовий беззольний фільтр та промийте дистильованою водою шляхом декантації до нейтральної реакції (перевіряйте універсальним індикаторним папірцем).

Потім помістіть фільтр з осадом у тигель та прожарте у муфельній печі протягом 40-50 хвилин за температури 800 ºС. Після охолодження зважте одержаний алюміній оксид.

Маса алюміній оксиду становить _____ г.

б) синтез алюміній оксиду хімічним окисненням амальгами

Невеличкі кульки з алюмінієвої фольги помістіть у чашку Петрі. На кожну з кульок обережно капніть по 1-2 краплини розчину меркурій (II) нітрату та залиште зразки на 10-15 хвилин. Якщо реакція окиснення утвореної амальгами не почнеться, капніть ще по краплині розчину.

Утворений волокнистий алюміній оксид обережно відділіть від краплинок ртуті та відважте.

Маса алюміній оксиду становить _____ г.

Розгляньте обидва зразки під мікроскопом.

Дослід №4. *Синтез pH тест-порошку на основі силікагелю з фізично іммобілізованим метиленовим синім та конго червоним*

Тест-порошки використовують для швидкого якісного та кількісного визначення певної речовини на місцевості. В основі таких порошків лежить пористий матеріал-наповнювач та речовина-індикатор.

Щоб виготовити найпростіші pH тест-порошки на основі силікагелю у склянку налийте 15-20 мл силікатного клею (1:1) та покрапельно додайте розчин хлоридної кислоти до утворення густого гелю силікатної кислоти.

Утворений гель перенесіть на фільтр та промийте дистильованою водою до нейтральної реакції (перевіряйте універсальним індикаторним папірцем).

Окремо у дві склянки налийте по 50 мл дистильованої води та додайте по 0,01 г барвників (в одну – метиленового синього, а в іншу – конго червоного), ретельно перемішайте вміст обох склянок до повного розчинення барвника.

Гель силікатної кислоти розділіть на дві частини. До однієї з них додайте покрапельно синій розчин до рівномірного блакитнуватого забарвлення гелю, а у другу порцію покрапельно додайте розчин конго червоного до утворення помітного червонуватого забарвлення гелю.

Обидва гелі силікатної кислоти з іммобілізованими барвниками перенесіть у окремі випарювальні чашки та обережно висушіть на електричній плитці (**не прожарюйте!**) до стану сухого порошку, періодично помішуючи суміш.

Щоб випробувати pH тест-порошок, у дві пробірки налийте розчин кислоти на ½ її об’єму, а у інші дві такий самий об’єм розчину лугу.

У першу пару пробірок (кислота та луг) вкиньте невелику кількість силікагелю з метиленовим синім (на кінчику шпателя), вміст пробірок перемішайте скляними паличками та спостерігайте за змінами кольору в обох пробірках. У другу пару пробірок (кислота та луг) вкиньте таку ж кількість порошку силікагелю з іммобілізованим конго червоним, вміст пробірок перемішайте та порівняйте зміни кольорів у даному разі. Визначте, який з барвників є індикатором на кисле, а який на лужне середовище.

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:

Сполуки Бору у природі
Використання матеріалів на основі сполук Бору.
Сполуки Алюмінію у природі.
Використання оксидних матеріалів на основі Алюмінію.
Силікагелі та їх значення.
Модифіковані матеріали на основі кремнезему.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.
2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..
3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.
4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.
2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.
3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.

4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.

5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf

2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl

3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 3

Тема: ***СИНТЕЗ МАГНЕТИТУ ТА ГЕМАТИТУ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ***

Мета: освоїти методики синтезу магнетиту та гематиту

Основні поняття: магнетит, гематит, метод осадження (Елмора), золь-гель метод.

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 підготуйтесь 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. Методи синтезу оксидних матеріалів.
2. Магнетит. Методи синтезу магнетиту. Використання магнетиту.
3. Поняття фери- феро- та антиферомагнетиків. Доменна будова магнітних частинок.
4. Гематит, методи синтезу гематиту.

ПОНЯТТЯ ФЕРИ- ФЕРО- ТА СУПЕРМАГНЕТИКІВ. ДОМЕННА БУДОВА МАГНІТНИХ ЧАСТИНОК.

Феромагнетики – це речовини, у структурі яких присутні атоми, іони або колективізовані електрони з власними магнітними моментами, що самочинно орієнтуються у паралельному або складнішому порядку. У результаті цього формуються макроскопічні області - **домени** - з ненульовим сумарним магнітним моментом. Така особливість характерна для деяких металів, зокрема заліза, нікелю, кобальту, гадолінію, марганцю, хрому, а також їхніх сплавів. Ці матеріали вирізняються високою магнітною проникністю і здатністю до гістерезису. Залежно від коерцитивної сили феромагнетики поділяються на м’які (з низькою коерцитивною силою) та тверді (з високою коерцитивною силою).

Завдяки своїм властивостям феромагнетики використовуються у створенні постійних магнітів, сердечників трансформаторів та електромагнітів. Характерною рисою феромагнітних матеріалів є нелінійна залежність процесу намагнічування. У присутності сильного магнітного поля такі речовини активно втягуються у його зону дії. Їх магнітна сприйнятливість позитивна і значно перевищує одиницю.

За невисоких температур феромагнетики демонструють спонтанну намагніченість, яка значно змінюється під дією зовнішніх чинників. Це пов’язано з існуванням у матеріалі доменів – груп атомів з узгодженою орієнтацією власних магнітних моментів. Саме зміна напрямку намагніченості доменів спричиняє виникнення сильного внутрішнього магнітного поля, значно потужнішого за те, що

спостерігається в інших типах магнетиків. Навіть після зникнення зовнішнього поля, домени певною мірою зберігають свою орієнтацію, що є причиною залишкової намагніченості. Проте високі температури здатні зруйнувати цю впорядкованість через посилення теплового руху.

Також феромагнетикам властивий **ефект Барнета** – поява намагніченості в результаті обертання, навіть без дії зовнішнього магнітного поля.

Феримагнетики (або ферити) – це магнітновпорядковані речовини, у яких при низьких температурах формуються кілька спінових ґраток з різним (часто антипаралельним) напрямком орієнтації. Оскільки магнітні моменти цих ґраток не повністю компенсуються, речовина все ж має залишковий магнітний момент. За поведінкою у магнітному полі феримагнетики подібні до феромагнетиків, однак при певній температурі їхні магнітні моменти можуть повністю взаємно компенсуватися. Температура переходу до парамагнітного стану, як і у феромагнетиків, має назву **температура Кюрі**. Найчастіше ферити – це оксиди або складні солі перехідних металів, зокрема: $MnO \cdot Fe_2O_3$, $FeO \cdot Fe_2O_3$, $CoO \cdot Fe_2O_3$.

Антиферомагнетики – це також магнітновпорядковані кристалічні речовини, проте з двома спіновими ґратками, магнітні моменти яких повністю компенсують одна одну. Такий тип магнетизму було відкрито Луї Неелем у 1930-х роках, за що він у 1970 році отримав Нобелівську премію. Температура, при якій антиферомагнетик переходить у парамагнітний стан, відома як **температура Нееля**.

Серед антиферомагнітних матеріалів можна назвати FeO, NiO, CoO, CoF_2, $NiSO_4$ та інші. У слабких магнітних полях антиферомагнетики поводять себе подібно до парамагнетиків, але при досягненні певної критичної сили поля вони починають проявляти намагніченість, що зростає з інтенсивністю поля і зрештою насичується. Основними збудженнями у таких матеріалах є **магнони**.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід №1. *Синтез магнетиту методом осадження (Елмора).*

Дослід виконуйте у витяжній шафі!!! Відважте на вагах 6 г $FeSO_4 \cdot nH_2O$ та 12 г $FeCI_3 \cdot 6H_2O$ та розчиніть солі у 250 мл дистильованої води (за потреби профільтруйте розчин через вату). Одержаний розчин перелийте у ділильну лійку. В хімічну склянку на 500 мл налийте 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 струйкою) у склянку. Коли розчин солей Феруму(II, III) прокапає весь, то утворений магнетит промийте декантацією 10 разів по 200 мл дистиляту (при вливанні порції води суміш добре перемішуйте, осаджуйте магнетит постійним магнітом та намагайтеся максимально зливати розчин). Потім магнетит висушіть на повітрі.

Дослід №2. *Синтез магнетиту золь-гель методом за участю автогоріння (Печіні)*

Відважте 0,01 моль $FeSO_4 \cdot nH_2O$, 0,02 моль $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ та 0,03 моль $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ (лимонної кислоти), помістіть речовини у склянку на 250 мл та додайте до суміші 50 мл дистильованої води. Помірно помішуючи, розчиніть речовини. Порційно (~ по 2 мл) за допомогою мірної піпетки влийте у розчин 10-15 мл 25 % розчину NH_3 до pH~8 (перевіряйте універсальним індикаторним папером). При додаванні нової порції амоніаку ретельно перемішуйте розчин.

Коли pH досягне потрібного значення, склянку з розчином помістіть на електричну плитку та випаруйте до появи автогоріння, після цього утворений порошок промийте декілька разів дистильованою водою до нейтральної реакції.

Дослід №3. *Синтез гематиту методом окиснення піроформного заліза)*

У суху пробірку насипте на 1/5 її об'єму порошку ферум (II) оксалату (FeC_2O_4) та вставте ватяний тампон біля отвору пробірки. Пробірку закріпіть у пробіркотримачі та, прогрівши її, прокаліть порошок, періодично струшуючи його, з жовтуватого до рівномірно чорного кольору. Далі обережно вийміть ватяний тампон, а вміст пробірки висипте у металевий лоток. Спостерігайте утворення іскр під час горіння піроформного заліза. На дні лотка утвориться гематит.

Дослід №4. *Синтез гематиту цитратним методом*

Відважте 0,01 моль $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ та 0,02 моль $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ (лимонної кислоти), помістіть речовини у склянку на 250 мл та додайте до суміші 30 мл дистильованої води. Помірно помішуючи, розчиніть речовини. Порційно (~ по 2 мл) за допомогою мірної піпетки влийте у розчин 10-15 мл 25 % розчину NH_3 до pH~8 (перевіряйте універсальним індикаторним папером). При додаванні нової порції амоніаку ретельно перемішуйте розчин.

Коли pH досягне потрібного значення, склянку з розчином помістіть на електричну плитку та випаруйте до появи автогоріння,

після цього утворений порошок промийте декілька разів дистильованою водою до нейтральної реакції.

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:

Природні сполуки Феруму
Матеріали на основі Феруму. Сплави заліза.
Оксидні ферумвмісні матеріали.
Використання магнетиту у якості адсорбентів.
Виготовлення магнітних матеріалів на основі Феруму медико-біологічного призначення.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.
2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..
3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.
4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.
2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.
3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу

неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.

4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.

5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf

2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl

3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 4

Тема: ***СИНТЕЗ ЗМІШАНИХ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДАМИ СПІВОСАДЖЕННЯ (КАРБОНАТНИМ ТА ГІДРОКСИДНИМ)***

Мета: освоїти методики синтезу змішаних неорганічних матеріалів методами співосадження

Основні поняття: оксидні та складнооксидні матеріали, методи синтезу неорганічних матеріалів, методи співосадження: карбонатний, оксалатний та гідроксидний.

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 підготуйтесь 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. Методи синтезу неорганічних матеріалів з розчинів.
2. Переваги та недоліки карбонатного методу.
3. Переваги та недоліки гідроксидного методу.
4. Використання твердотільних матеріалів.
5. Змішанооксидні (складнооксидні) матеріали та їх використання.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід №1. *Синтез нікелевого фериту карбонатним методом співосадження*

Відважте 3 г нікель (II) хлориду або сульфату та 6 г ферум (III) хлориду. Суміш солей помістіть у склянку, додайте 50 мл дистильованої води та ретельно перемішайте.

Окремо розчиніть 10 г натрій або амоній карбонату у 40-50 мл дистильованої води та додайте 25 % розчин амоніаку до утворення pH ~9-10 (основний буфер).

Влийте основний буфер до розчину солей Ніколу(II) та Феруму(III), ретельно перемішайте до утворення осаду. Осад помістіть на фільтр та промийте водою до нейтральної реакції (перевіряйте універсальним папірцем).

Потім осад разом з фільтром помістіть у сушильну шафу та максимально висушіть. Одержаний порошок розітріть у ступці та висипте його у тигель. Далі поставте тигель у муфельну піч та нагрівайте протягом 1-1,5 год за температури 800-900 ºС.

Після охолодження маєте одержати чорний порошок нікелевого фериту, що володіє добре вираженими магнітними властивостями.

Дослід №2. *Синтез мідного фериту гідроксидним методом співосадження*

Відважте 2 г мідного купоросу або купрум (II) хлориду та 4 г ферум (III) хлориду. Суміш солей розчиніть у 30 мл води та додайте покрапельно за допомогою піпетки 1М розчин натрій чи калій гідроксиду до утворення осаду. Суспензію ретельно перемішайте, осад перенесіть на фільтр та промийте його водою до нейтрального pH.

Далі осад висушіть, ретельно розітріть та прожарте його у муфельній печі протягом години за температури 500 ºС.

Дослід №3. *Синтез кобальтового фериту оксалатним методом співосадження*

Змішайте 1М розчини кобальт(II) хлориду чи нітрату та ферум (III) хлориду у об'ємному співвідношенні 1:2. До утвореного розчину додайте надлишок 10-15 % розчину оксалатної кислоти ($H_2C_2O_4$) або натрій оксалату. Утворений осад промийте водою, висушіть та прожарте за температури 400-500 ºС у муфельній печі протягом 1 години.

Утворений порошок також проявляє магнітні властивості.

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:

Метод співосадження: за та проти.
Переваги та недоліки оксалатного методу одержання матеріалів.
Надпровідникові матеріали та методи їх синтезу.
Складнооксидні матеріали з перовскітоподібною структурою та їх використання.
Методи дослідження складнооксидних матеріалів.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» /

Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.

2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..

3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.

4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.

2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.

3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.

4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.

5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf

2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для

підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl

3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 5

Тема: ***ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СТРУКТУРОЮ ШПІНЕЛІ***

Мета: освоїти методики золь-гель синтезу матеріалів зі структурою шпінелі; навчитися визначати питому площу поверхні зразків ексикаторним методом.

Основні поняття: матеріали зі структурою шпінелі, ферити та алюмінати, золь-гель синтез, метод Печіні, питома площа поверхні зразків, ексикаторний метод.

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 підготуйтесь 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. Матеріали зі структурою шпінелі та їх використання.
2. Особливості зол-гель процесів.
3. Золь-гель синтез за участю автогоріння. Цитратний метод синтезу (печіні) та його особливості.
4. Використання феритів та алюмінатів як представників матеріалів зі структурою шпінелі.

ОСОБЛИВОСТІ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕСІВ

Золь-гель процес – це узагальнена назва для широкого спектру методів синтезу матеріалів з розчинів, ключовою стадією яких є формування гелеподібної фази. Найпоширенішим варіантом цього процесу є контрольований гідроліз, зазвичай алкоксидів типу M(OR)x (де M може бути Si, Ti, Zr, V, Zn, Al, Sn, Ge, Mo, W тощо) або аналогічних хлоридів, у водному або, що частіше, спиртовому середовищі.

На початковому етапі внаслідок гідролізу та подальших реакцій поліконденсації формується **золь** – колоїдний розчин, у якому частинки гідроксидів мають розмір не більше кількох десятків нанометрів. Із підвищенням концентрації твердої фази або зміною зовнішніх умов (наприклад, зміщенням pH чи заміною розчинника) частинки починають активно коагулювати, утворюючи тривимірну сітку – **гель**, у якій молекули розчинника утримуються між структурними елементами.

Згущення золів перед гелеутворенням проводять за допомогою методів, таких як діаліз, ультрафільтрація, електродіаліз, упарювання при помірних температурах або екстрагування. Особливо важливою у цьому процесі є стадія сушіння, під час якої з гелю видаляється розчинник. Від способу сушіння залежить тип кінцевого продукту – це можуть бути **ксерогелі**, **амбігелі**, **кріогелі** або **аерогелі**. Незважаючи на значні відмінності у щільності, ці матеріали зберігають нанорозмірні структурні характеристики та мають дуже велику питому поверхню – часто в межах сотень квадратних метрів на грам.

Більшість матеріалів, отриманих золь-гель методом, слугують прекурсорами для синтезу оксидних нанопорошків (у тому числі феритів), нанесення тонких плівок або виготовлення керамічних виробів. Також цей метод ефективний для створення ксерогелів із чітко вираженою квазіодновимірною структурою.

Основні стадії золь–гель методу:

1) змішування вихідних реагентів;
2) утворення твердої фази — золю;
3) перехід золю в гель;
4) сушіння;
5) термообробка.

На рис. 1 зображено загальну схему золь-гель процесів.

Рис. 1. Загальна схема золь-гель процесів

Серед різновидів золь-гель методів можна виокремити **полімер-гель процес**, у якому формування гелю забезпечується додаванням у вихідний розчин водорозчинного полімеру, після чого відбувається упарювання. Іншим варіантом є **золь-гель метод із автогорінням (ЗГА)**, що базується на екзотермічному окисно-відновному процесі під час синтезу. Ще одним різновидом є **метод Печіні (цитрат-гель метод)**, де основну роль відіграє утворення комплексів із використанням лимонної кислоти та етиленгліколю.

Застосовуючи **золь-гель метод співосадження**, можна, наприклад, отримати **магнетит** за класичною реакцією Елмора:

$FeSO_4 \cdot 7H_2O + 2FeCl_3 \cdot 6H_2O + 8NH_4OH = Fe_3O_4 + 6NH_4Cl + (NH_4)_2SO_4 + 17H_2O$.

Застосування **амоній гідроксиду** у якості лугу у процесі співосадження створює м'які умови реакції, що сприяє формуванню осаду **стехіометричного магнетиту $FeO \cdot Fe_2O_3$**, у якому ферум (II) і ферум (III) присутні у рівних співвідношеннях. Якщо ж реакція проходить у більш жорстких умовах – наприклад, за участі гідроксидів лужних металів, - це може призвести до утворення магнетиту зі змінним складом **$mFeO \cdot nFe_2O_3$** (де $m \neq n$), що негативно впливає на його магнітні характеристики.

ЗГА-метод (золь-гель автогоріння) є різновидом золь-гель

синтезу хімічно модифікованих матеріалів і набув широкого застосування в сучасній практиці. Метод вирізняється своєю простотою та відсутністю потреби у складному чи дорогому обладнанні, що робить його одним із найперспективніших підходів до отримання **наноструктурованих оксидних матеріалів різного складу і функціонального призначення**. У порівнянні з традиційним керамічним синтезом, ЗГА-метод також є більш енергоефективним.

Суть методу полягає у використанні **теплоти екзотермічної реакції**, яка виникає під час синтезу порошків. У багатьох випадках цей процес має **автокаталітичний характер**: екзотермічне горіння підтримує саме себе, просуваючись через зразок у вигляді вузької зони високої температури, де й відбувається безпосередній синтез цільового матеріалу.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід № 1. *Золь-гель синтез манганового фериту*

Для синтезу використайте відповідні розрахунки мас речовин:

1) 0,01 моль $MnSO_4*5H_2O$ марки «ч.», m = 2,41 г;

2) 0,02 моль $Fe(NO_3)_3*$ $9H_2O$ марки «ч.д.а.», m = 8,08 г;

3) 0,03 моль $C_6H_8O_7*$ H_2O марки «ч.д.а.», m = 6,3 г.

Суміш солей металів та лимонної кислоти розчиніть в 50 мл дистильованої води. До одержаного розчину додайте 13,5 мл 25 % розчину аміаку (марки «ч.д.а.») для підтримання pH ≈ 8 (перевіряйте за допомогою універсального індикаторного паперу). Розчин перенесіть у високу склянку на 250 мл і нагрівайте на електричній плитці до повного випаровування розчинника з утворенням густого гелю, який після висихання має самоспалахувати (відбувалося автогоріння з утворенням пухкої маси нанодисперсного фериту).

Після закінчення реакції автогоріння одержану масу синтезованого манганового фериту розітріть у ступці, промийте 5-7 разів невеликою кількістю дистильованої води до нейтральної реакції та висушіть на повітрі.

Дослід № 2. *Золь-гель синтез манганового алюмінату*

Синтез виконуйте за методикою, описаною у досліді 1.

Для синтезу використайте відповідні розрахунки мас речовин:

1) 0,01 моль $MnSO_4*5H_2O$ марки «ч.», m = 2,41 г;

2) 0,02 моль $AI(NO_3)_3*$ $9H_2O$ марки «ч.д.а.», m = 7,50 г;

3) 0,03 моль $C_6H_8O_7$* H_2O марки «ч.д.а.», m = 6,3 г.

Суміш розчиніть у 50 мл води, додайте необхідний об'єм амоніаку до pH ~8 та нагрійте на електричній плитці до повного випаровування розчинника, самоспалахування та утворення манганового алюмінату, який також розітріть у ступці, промийте дистильованою водою до нейтральної реакції та висушіть на повітрі.

Дослід № 3. *Визначення питомої площі поверхні зразків ексикаторним методом*

Питому площу поверхні зразків дослідіть ексикаторним методом за величиною адсорбції парів бензену.

На рис. 2 показано установку для проведення вимірювань питомої площі зразків ексикаторним методом.

Рис. 2. Установка для проведення вимірювань питомої площі зразків ексикаторним методом

Перед початком досліджень скляні бюкси просушіть у сушильній шафі протягом 1-2 год за температури 110-120 ºС (до сталої маси). Окремо відважте по 0,1 г досліджуваних зразків з точністю до 0,001 г, помістіть їх у окремі бюкси та відважте зразки разом з біксами. Одержані маси запишіть до таблиці 3.

Далі бюкси із наважками помістіть у порожній ексикатор без сорбційного матеріалу, у який також розмістіть склянку з 20 мл бензену

та закрийте ексикатор кришкою. Через кожні 15 хвилин протягом години відважуйте бюкси повторно. Одержані результати внесіть до таблиці 3.

Після цього за формулою розрахуйте питому площу поверхні зразка кожного зразка ($S_{пит}$, м^2/г):

$$S_{\text{пит}} = \frac{{}_{\Delta}m * N_A * S_0}{m_{\text{адс}} * M_{\text{бенз}}},$$

де $_{\Delta}m$ – маса адсорбованого бензену, г;

N_A – число Авогадро, $6{,}02*10^{23}$ моль$^{-1}$;

S_0 – площа, яку займає одна молекула бензену на поверхні, $3{,}9*10^{-20}$ м^2;

$m_{адс}$ – маса наважки адсорбента, г;

$M_{бенз}$ – молярна маса бензену, 78 г/моль.

Таблиця 3. Експериментальні дані зміни мас зразків з часом та розрахунок питомої площі поверхні.

Зразок	**Зміна маси бюкса зі зразком, г**					**$S_{пит}$, м^2/г**
	0 хв	**15 хв**	**30 хв**	**45 хв**	**60 хв**	

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:

Переваги та недоліки золь-гель синтезу матеріалів.
Перспективи використання матеріалів, що мають структуру шпінелі.
«Зелений» золь-гель синтез та його особливості.
Магніточутливі матеріали та їх використання.
Медико-біологічне використання матеріалів зі структурою шпінелі.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» /

Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.

2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..

3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.

4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.

2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.

3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.

4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.

5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf

2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для

підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl

3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 6

Тема: ***МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ***

Мета: освоїти методики модифікування поверхні твердотільних матеріалів

Основні поняття: будова поверхні твердих тіл; функціональні групи; модифікатори, їх характеристики; методи модифікування поверхні сорбентів.

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 підготуйтесь 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. Особливий стан речовини на поверхні твердого тіла.
2. Відновлення характеру зв’язків поверхневих атомів.
3. Моделі, що використовуються для описання поверхні твердих тіл.
4. Методи модифікування поверхні матеріалів.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід № 1. *Модифікування поверхні матеріалів гідроксиапатитом*

Для модифікування поверхні обраного вами матеріалу гідроксиапатитом одержуйте його золь-гель методом згідно реакції:

$$10Ca(NO_3)_2 + 6(NH_4)_2HPO_4 + 8NH_3 + 2H_2O \rightarrow$$
$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 20NH_4NO_3$$

Відважте 2,5 г сухого матеріалу та помістіть його у хімічну склянку на 400 мл.

Для приготування розчину 1 відважте 16,4 г $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ та доведіть до мітки 100 мл дистильованою водою в мірній колбі.

Для приготування розчину 2 відважте 7,9 г $(NH_4)_2HPO_4$ та доведіть до мітки 100 мл дистильованою водою в мірній колбі.

Для підтримання рівня pH близько 12 в обох розчинах, до **розчину 1** додайте **4 мл 25%-го розчину аміаку**. Додавання здійснюйте поступово, невеликими порціями, за допомогою піпетки, постійно перемішуючи розчин. У **розчин 2** додайте **16 мл того ж 25%-го розчину аміаку**, також із постійним перемішуванням. Контроль pH здійснюйте за допомогою універсального індикаторного паперу.

Обраний вами твердий матеріал залийте **розчином 1** і залиште настоюватись протягом однієї години. Після закінчення цього часу, повільно і з безперервним перемішуванням, влийте **розчин 2** до утворення **густого темно-сірого гелю**. Отриману суміш нагрійте на електричній плитці до **легкого кипіння** і підтримуйте кип'ятіння протягом **15 хвилин**. Після цього залиште суміш настоюватись **до наступного дня**.

На наступний день розбавте суміш водою для осадження композиту та ретельно промийте отриманий осад **дистильованою водою** кілька разів до досягнення **нейтрального pH**. Після завершення промивання отриманий **модифікований композит** висушіть при кімнатній температурі на повітрі.

Дослід № 2. *Модифікування поверхні матеріалів поліетиленгліколем (ПЕГ)*

У роботі використайте будь-який синтезований раніше матеріал (магнетит, ферити).

Відважте 1 г сухого матеріалу та додайте до нього 20 мл дихлоретану. У цю суспензію додайте 5 мл ПЕГ та поставте на електричну мішалку.

Помірно перемішуйте суміш протягом 30 хвилин за температури ~ 50 ºС. Потім залиште на 1 годину. Після цього відмийте модифікований зразок етанолом та висушіть за кімнатної температури.

Схема модифікування, наприклад магнетиту, показана на рис. 3.

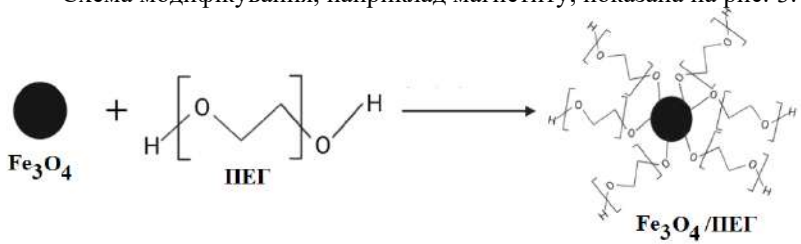


Рис. 3. Схема модифікування поверхні магнетиту ПЕГ

Врахуйте, що модифікування феритів (магнетиту) відбувається досить важко, оскільки потребує певних специфічних умов, або активування первинним ПАР (наприклад, натрій олеатом).

Література також пропонує модифікування частинок ПЕГ методом співосадження.

Відважте 1 г ферум (II) сульфату, 2 г ферум (III) сульфату та 1 г ПЕГ. Речовини помістіть у конічну колбу на 250 мл та додайте 100 мл дистильованої води.

Розчин помістіть на магнітну мішалку та помірно перемішуйте протягом 30 хвилин. Потім утворений однорідний розчин перелийте у ділильну лійку, закріплену у штативі.

У широку склянку на 500 мл налийте 50 мл 25 розчину амоніаку та поставте її на шейкер. Вмикніть шейкер на помірне перемішування та прокапайте суміш солей і ПЕГ в аміак. Утворений чорний осад відфільтруйте, промийте водою до нейтральної реакції та висушіть на повітрі.

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:

Модифікування матеріалів функціональними модифікаторами.
Процеси модифікування поверхонь: за і проти.
Вимоги, які ставляться до модифікаторів.

Сучасні модифіковані матеріали: типу «ядро-оболонка», дендримери, ліпосоми та інші.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.
2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..
3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.
4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.
2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.
3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.
4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.
5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»,

спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf

2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl

3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 7

Тема: *ОДЕРЖАННЯ ТИТАНОВИХ СПОЛУК МЕТОДОМ ЛУЖНОГО ПЛАВЛЕННЯ*

Мета: освоїти методики одержання титанових сполук методом лужного плавлення.

Основні поняття: титанвмісні неорганічні матеріали, методи одержання титанових сполук, метод лужного плавлення.

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 підготуйтесь 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. Природні сполуки Титану.
2. Титанвмісна сировина в Україні.
3. Кислотні методи одержання титанових сполук.
4. Лужні методи одержання титанових сполук.
5. Використання титанових сполук.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід № 1. *Одержання калій титанату методом лужного плавлення з титан діоксиду*

Відважте 0,5 г титан діоксиду, додайте до нього 1 г калій гідроксиду. Суміш швидко перемішайте та перенесіть у суху пробірку. Пробірку закріпіть у лапці штативу та нагрійте у полум'ї пальника до утворення однорідного сплаву.

Після охолодження вміст пробірки розчиніть у невеликому об'ємі дистильованої води та профільтруйте від залишків.

В утворений розчин додайте 50-70 мл етанолу (96 %). Спостерігайте поступову коагуляцію калій титанату. Утворений осад калій титанату перенесіть на фільтр, промийте етанолом до нейтральної реакції та висушіть на повітрі.

Дослід № 2. *Одержання калій титанату методом лужного плавлення з ільменіту*

У фарфоровій ступці розітріть невелику кількість (до 0,5 г) ільменітового порошку ($FeTiO_3$) та помістіть його в суху пробірку. Сюди ж додайте 0,37 г сухого КОН. Пробірку закріпіть у пробіркотримачі та нагрійте суміш до повного її розплавлення та затвердіння. Відмітьте колір утвореного сплаву.

Далі сплав розчиніть у мінімальній кількості води, профільтруйте та осадіть етанолом так, як це описано в досліді 1.

Одержаний калій титанат збережіть для подальших досліджень.

Виконайте подібну маніпуляцію з калій карбонатом та порівняйте результати.

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:

Оксидні сполуки титану: рутил, анатаз, брукіт.

Промислові способи переробки титанвмісної сировини.

Матеріали на основі Титану та їх використання.

Використання титанових сполук у харчовій, косметичній та фармацевтичній промисловостях.

Процеси модифікування титанових сполук.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.
2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..
3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.
4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.
2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.
3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.
4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.
5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез,

прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf
2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl
3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 8

Тема: ***ВИВЧЕННЯ ФОТОКАТАЛІТИЧНИХ ТА АДСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИНТЕТИЧНИХ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ***

Мета: освоїти методики дослідження адсорбційних процесів та 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.

<u>Інструкція до виконання:</u>

2. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтесь 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. Поняття каталізу та каталізаторів. Механізми дії каталізаторів.
2. Фотокаталіз та його особливості.
3. Барвники, їх класифікації та використання.
4. Каталітична фотодеструкція барвників.

4. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Дослід № 1. *Вивчення процесів адсорбції метиленового синього*

З метою дослідження адсорбційної активності матеріалів відважте по 0,1 г гідроксиапатиту, магнетиту, манганового алюмінату тощо і помістіть їх в окремі склянки. У якості барвника використовуйте катіонний барвник метиленовий синій, структурна формула якого зображена на рис. 4

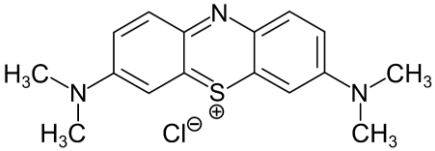


Рис. 4. Структурна формула метиленового синього

У першу склянку, що містить гідроксиапатит, налийте 20 мл розчину метиленового синього з концентрацією барвника 6 мг/л. Додайте магніт і розмістіть склянку на електромішалці. Перемішуйте вміст помірно протягом 10 хвилин.

Визначення концентрації барвника до та після фотокаталітичного процесу виконайте за допомогою приладу КФК-2 при довжині хвилі 640 нм, використовуючи кювету з товщиною шару 20 мм. Як еталонний розчин застосовуйте дистильовану воду.

Аналогічну процедуру виконайте з іншими матеріалами.

За допомогою калібрувального графіку, **зображеного на рис.5,** розрахуйте концентрації барвника до та після фотокаталізу.

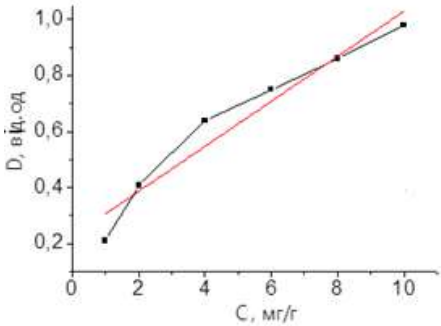


Рис.5. Калібрувальний графік для метиленового синього

Ступінь вилучення *R, %* барвника з водних розрахуйте за формулою:

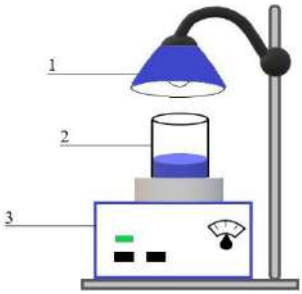
$$R = \frac{(C_o - C_p)}{C_o} * 100\%,$$

де C_0 і C_p–концентрація вихідного розчину барвника та розчину після адсорбції (мг/л).

Одержані дані внесіть до таблиці 4.

Дослід № 2. *Вивчення процесів фотодеструкції метиленового синього*

Для проведення фотокаталізу спочатку складіть установку, зображену на рис. 6.



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

Рис. 6. Установка для проведення фотокаталізу

На вагах відважте по 0,1 г гідроксиапатиту, магнетиту, манганового алюмінату тощо і помістіть їх в окремі склянки.

У пешу склянку (з гідроксиапатитом) додайте 20 мл розчину метиленового синього з концентрацією барвника 6 мг/л та вкиньте магнітну мішалку. Скланку 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 іншими матеріалами.

За допомогою калібрувального графіку (рис. 5) розрахуйте ступінь фотокаталізу за формулою:

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

Порівняйте одержані величини. Отримані дані внесіть у табл. 4.

Таблиця 4. Експериментальні дані фотодеструкції метиленового синього

Фотокаталізатор	**C_0, мг/л**	**C_p, мг/л**	**R, %**	**X, %**

Зробіть висновки про адсорбційну та 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.
УФ-захисні матеріали.
Використання фотополімерів у практичній діяльності.
Реакція Фентона та її значення для промисловості.
Використання фотокаталітичних процесів.

Рекомендована література

Основна:

1. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Уклад: Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кирій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 92 с.
2. Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола Основи неорганічного синтезу: навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 134 с..
3. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. Лабораторний практикум з неорганічного синтезу : навчальний посібник. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 100 с.
4. Т. Л. Ракитська, Г. П. Сохраненко, Т. В. Кокшарова та ін. Загальна хімія: Практичні заняття з неорганічної хімії. Частина І. : навчально-методичний посібник для студентів 1 курсу хімічного факультету. Одеса : Астропринт, 2007. 212 с.

Додаткова:

1. Самусенко Ю. В. Основи неорганічного і органічного синтезу. навч. посібник. Полтава : ПДПУ, 2003. 91 с.
2. Muller P. Inorganic structural chemistry. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2006. 268 p.
3. Речицький О. Н., Кот С. Ю. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму та індивідуальні завдання з методів синтезу неорганічних та органічних сполук. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2016. 167 с.
4. Іваненко О. П., Компаніченко Н. М., Рудковська Л. М. та ін. Синтез та структура допованих кобальтом твердих розчинів на основі оксидів церію та цирконію. *Укр. хім. журн*. 2016. 82, № 7. С. 3-9.
5. Ведь М. В., Сахненко М. Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 272 с.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

1. Донцова Т. А. Інноваційні неорганічні технології : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.

Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29858/1/Dontsova_INT.pdf

2. Денисюк Р. О., Писаренко С. В., Матвієнко О. В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять з вибіркової освітньої компоненти ”Методи синтезу та очистки неорганічних сполук” для підготовки здобувачів вищої освіти Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 32 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/iuebl

3. Панасенко О. І., Голуб А. М., Андрійко О. О., Василега-Дерибас М. Д., Панасенко Т. В. та ін. Загальна хімія : Підручник. Запоріжжя, 2016. 462 с. Режим доступу до ресурсу: http://surl.li/dfqrv

Дата **Підпис викладача**

Лабораторне заняття № 9

Тема: ***МКР № 1 «СУЧАСНІ НЕОРГАНІЧНІ МАТЕРІАЛИ»***

Обсяг вимог визначається програмою