

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ТА КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ

КОЗЬМА А.А., ГОЛУБ Н.П.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ
ЗІ СПЕЦКУРСУ «КАТАЛІЗ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ»
для студентів ОС «Магістр»
(спеціальність 102 Хімія та спеціальність 014.06 Середня освіта. Хімія)

Ужгород-2024

УДК 544.47(076.5)
К29

Козьма А.А., Голуб Н.П. Методичні вказівки до лабораторного практикуму зі спецкурсу «Каталіз в енергетиці та екології» для студентів ОС «Магістр» (спеціальність 102 Хімія та спеціальність 014.06 Середня освіта. Хімія). Ужгород: ПП Роман О.І., 2024. 20 с.

Автори:

Козьма Антон Антонович – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет»;

Голуб Неля Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри фізичної та колоїдної хімії Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Рецензенти:

Дзямко Віталій Михайлович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет»;

Чундак Степан Юрійович – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Рекомендовано до друку Вченою радою Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Протокол №11 від 21 червня 2024 року).

© Козьма А.А., Голуб Н.П., 2024

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024

Модуль 1. КАТАЛІЗ У ЕНЕРГЕТИЦІ

Змістовий модуль №1. Каталізатори традиційної енергетики.

Тема 1. Каталіз при одержанні традиційних видів енергії

Програмні питання

Каталізатори для крекінгу нафти. Види крекінгу. Гідрокрекінг. Гідроізомеризація. Риформінг. Одержання бензинів та дизельного палива. Синтез Фішера–Тропша. Синтез каталізаторів для крекінгу. Синтез каталізаторів для гідрокрекінгу. Синтез каталізаторів для риформінгу. Властивості каталізаторів для процесів нафтопереробки. Цеоліти як каталізатори процесів нафтопереробки. Природні та синтетичні цеоліти.

Каталіз у процесах переробки природного газу. Синтез та властивості каталізаторів для переробки природного газу. Фосфатні каталізатори для одержання етилену, метанолу, метанолу, метанової кислоти з компонентів природного газу. Синтези фосфатних каталізаторів р-металів. Синтези фосфатних каталізаторів d-металів.

Каталіз у процесах переробки вугілля. Синтез та властивості каталізаторів для переробки вугілля.

Лабораторна робота №1 «Синтез октагідратного кобальтвмісного ортофосфатного каталізатора»

Мета роботи: навчитись одержувати в лабораторних умовах октагідратний кобальтвмісний ортофосфатний каталізатор.

Реактиви та обладнання: сіль двовалентного кобальту, розчин гідроксиду, кристалічна або розчинена у воді ортофосфорна кислота, дистильована вода, хімічні стакани, пробірки, лійки, фільтрувальний папір, магнітна мішалка, електрична плитка, сушильна шафа або муфельна піч, термометр, вакуумний насос, лабораторні ваги.

Методика синтезу кобальт(II)фосфатного каталізатора розроблена на кафедрі фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет» [1]. Додаткові відомості наведені в джерелі [2].

Хід виконання роботи

Розчинити в хімічному стакані наважку солі двовалентного кобальту. Додати до розчину солі гідроксид для одержання $\text{Co}(\text{OH})_2$. Потім долити необхідну кількість ортофосфорної кислоти. Перетворення здійснювати з

використанням магнітної мішалки. Температурні режими процесу осадження та оптимальну величину рН середовища дізнатись у керівника заняття.

Синтезований аморфний осад відфільтрувати та відмити від іонів іншого продукту реакції. Зразок висушити на повітрі при кімнатній температурі. При потребі застосувати додаткову термообробку синтезованого фосфатного каталізатора, згідно рекомендацій керівника заняття.

Лабораторна робота №2 **«Термічні дослідження синтезованого фосфатного каталізатора»**

Мета роботи: навчитись здійснювати термічні дослідження синтезованого фосфатного каталізатора.

Реактиви та обладнання: синтезований октагідрат кобальт(II) ортофосфат $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, фарфорові чашки, муфельна піч, лабораторні ваги.

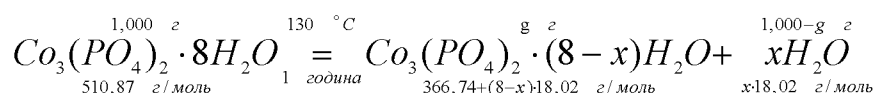
Методика кобальт(II)фосфатного каталізатора розроблена на кафедрі фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет» [1] та наведена в попередній лабораторній роботі №1. З додатковими та допоміжними відомостями можна ознайомитись у джерелах [2, 3].

Хід виконання роботи

1. Зважити на електронних вагах з точністю до $\pm 0,001$ г фарфорову чашку з позначкою №1. Записати результат в робочий журнал. Обнулити покази на електронних вагах, не знімаючи чашку. Помістити в неї наважку (до 1 г) кристалічного октагідрату кобальт (II) ортофосфату $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Зважити масу досліджуваної речовини в чашці. Записати результат в робочий журнал.

2. Повторити роботу за першим пунктом для двох наступних чашок з $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ під номерами №2 і №3.

3. Помістити всі три чашки в нагріту до 130°C муфельну піч. Через одну годину вийняти з печі чашку №1, охолодити її на повітрі до кімнатної температури та зважити. За різницею мас зразка розрахувати кількість втраченої зразком води. При цьому користуватись рівнянням проведеної термічної дегідратації:



де

g – залишкова маса зразка після термообробки,

$1,000-g$ – маса втраченої зразком води.

Розрахувати величину x з точністю до 0,01 моль, використавши пропорцію:

$$\frac{1,000}{510,87} = \frac{g}{366,74 + (8 - x) \cdot 18,02}$$

Занотувати в робочий журнал визначену кількість втраченої зразком води внаслідок використаних температури та часу термообробки.

4. Через дві години термообробки вийняти з печі чашку №2, повторити для цього зразка дії згідно з пунктом 3.

5. Через три години вийняти з печі чашку №3, повторити для цього зразка дії згідно з пунктом 3. Порівняти вплив тривалості ізотермічної обробки на ступінь дегідратації досліджуваного кристалогідрату.

6. Підготувати три наступні чашки з позначками №4-№6. Повторити для них усі попередні дії, крім однієї відмінності – температура ізотермічного прожарювання має складати 180°C.

7. Порівняти кількості втраченої зразком води внаслідок різних умов термообробки. Зробити висновки щодо ступеня дегідратації $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ у залежності від величини температури та тривалості термообробки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яким критеріям повинні відповідати розчини, з яких одержують фосфатні каталізатори?
2. Який вплив має фактор температури під час синтезу фосфатних каталізаторів?
3. Чи має значення ступінь чистоти вихідних реагентів, які використовуються для синтезу фосфатних каталізаторів?
4. Формульна одиниця синтезованого фосфатного каталізатора може містити чималу кількість молекул кристалогідратної води. Чи рівноцінні ці молекули H_2O з точки зору їх хімічного зв'язку з фосфатною структурою?
5. Процеси дегідратації аквамісних ортофосфатів можуть відбуватися як у одну стадію, так і в кілька етапів. Про що це може свідчити?

**Змістовий модуль №2.
Каталізатори альтернативної енергетики.**

**Тема 2.
Каталіз при одержанні альтернативних видів енергії**

Програмні питання

Каталізатори для генерації водню. Воднева енергетика. Синтези складних каталітичних систем для одержання водню з води та водних розчинів. Властивості каталізаторів для одержання водню.

Електрокаталізатори для екологічних паливних елементів. Паливні елементи як екологічні генератори електроенергії. Види паливних елементів. Твердооксидний паливний елемент. Прямий метанольний елемент. Фосфорнокислий паливний елемент. Протонообмінні мембрани. Лужний елемент. Карбонатний паливний елемент. Сфери застосування паливних елементів.

**Лабораторна робота №3
«Одержання водню, як альтернативного пального, з розчинів
електролітів»**

Мета роботи: навчитись одержувати водень з розчинів електролітів.

Реактиви та обладнання: водні розчини електролітів, металеві провідники, посуд для здійснення електролізу, акумулятор, ватметр, реохорд.

Дана лабораторна робота сформована на основі відомостей із джерел [4, 5].

Одержати водень (водневий газ) можна внаслідок пропускання постійного електричного струму через розчин електроліту певного складу. За таких умов на електродах відбуваються окисно-відновні процеси й на катоді виділяється H_2 .

Внаслідок електрохімічних перетворень змінюються хімічний склад розчину та стан поверхні електродів. Виникає гальванічний ланцюг, електрорушійна сила (ЕРС) якого протилежна за знаком до аналогічної ЕРС зовнішнього джерела струму.

Щоб відбувся розклад електроліту, прикладена до електродів напруга повинна перевищувати певний мінімальний бар'єр. Таку напругу подають як різницю потенціалів розкладу іонів на аноді φ_a та катоді φ_k :

$$E_p = \varphi_a - \varphi_k$$

Електрорушійну силу процесу розкладу можна визначити за допомогою вольтметра при появі перших бульбашок газу.

Хід виконання роботи

За рекомендаціями керівника лабораторного заняття складається електрична схема. У посудину заливають досліджуваний електроліт. При цьому електроди повинні зануритися на глибину 1 см. На реохорді повзунок виставляють у крайнє ліве положення.

Ключем замикають електричне коло й з незначною швидкістю переміщують повзунок у правому напрямку. Водночас потрібно стежити за одним із електродів, спочатку за катодом. Коли на відповідному електроді з'являться бульбашки газу, потрібно відмітити величину напруги, яка спостерігається на вольтметрі. Далі повзунок переміщують у протилежному - лівому напрямку. Зазначені дії повторюють 3-5 разів, слідкуючи за виділенням бульбашок газу на електроді.

Аналогічним способом знаходять потенціали утворення водню для низки обраних для дослідження розчинів електролітів.

Спостережувані результати записують у таблицю 1.

Таблиця 1

Обрані розчини	Утворення газу при певній напрузі (у одиницях Вольти)			
	Катод		Анод	
	Початок виділення під час збільшення напруги	Середнє значення напруги	Початок виділення під час збільшення напруги	Середнє значення напруги

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які види традиційних та альтернативних енергоносіїв вам відомі?
2. Наскільки перспективними для сьогодення є методи одержання водню з різних розчинів?
3. Наведіть приклади розчинів електролітів, з яких електрохімічними методами можна одержувати водень (водневий газ).
4. Яким критерієм має відповідати розчин електроліту, щоб в умовах електролізу на катоді виділявся саме водень?
5. Які гази, крім водню, можуть виділятися внаслідок практичного здійснення описаного в даній лабораторній роботі процесу? Від яких факторів це залежить?

Модуль 2. КАТАЛІЗ В ЕКОЛОГІЇ

Змістовий модуль №3. Каталізатори для екологічних застосувань.

Тема 3. Каталізатори для захисту навколишнього середовища

Програмні питання

Каталіз у процесах очищення повітря. Основні забруднюючі речовини транспортних вихлопних газів. Очищення вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання. Каталітичні нанотрубки для процесів відновлення забруднювачів повітря. Синтез нанотрубок. Властивості нанотрубок.

Фотокаталіз. Види фотокаталізу. Фотохімічні перетворення. Закономірності фотохімічних перетворень. Фотостимульований каталіз. Ефективність фотокаталітичних перетворень. Фотокаталізатори для очищення повітря. Фотокаталізатори для очищення води.

Каталіз у процесах очищення води та ґрунтів. Хімія води. Хімія ґрунтів. Мікробні каталізатори. Цеоліти для очистки води. Цеоліти для очищення ґрунтів від шкідливих забруднювачів. Природні закарпатські цеоліти: сокирницький клиноптилоліт та липчанський морденіт. Каталітичні властивості закарпатських цеолітів.

Лабораторна робота №4 «Дослідження фотокаталітичної відновної деструкції забруднюючого природні водойми барвника»

Мета роботи: навчитись визначати ступінь фотокаталітичної відновної деструкції барвника метиленового блакитного.

Реактиви та обладнання: барвник метиленовий блакитний; фотокаталізатор TiO_2 колоїдного ступеня подрібнення (з розмірами наночастинок у межах 10–50 нм); спеціальне устаткування для здійснення фотокаталітичного перетворення, яке містить кварцову колбу, магнітний перемішувач, УФ-лампа потужністю 300 Вт або 400 Вт; центрифуга; спектрофотометр СФ-46 з відповідними кюветами; лабораторні ваги.

Дана лабораторна робота сформована на основі відомостей із джерел [2, 6–9].

Водний розчин барвника метиленового блакитного об'ємом 80 мл та концентрацією 20 мг/л поміщають у кварцову колбу. До розчину додають наважку нанорозмірного (у межах 10–50 нм) фотокаталізатора TiO_2 масою 100 мг. Утворену суміш перемішують магнітною мішалкою в темряві протягом 40

хв для досягнення системою сорбційно-десорбційної рівноваги. Далі одержану суспензію продовжують перемішувати протягом 30 хв, але вже при опроміненні УФ-лампю [6]. Протягом дії ультрафіолетового світла кожні 5 хв проводять відбір зразків для фотометричного аналізу. Фотокаталізатор відділяють від рідкої фази шляхом центрифугування [7].

«Індикаторним перетворенням» служить реакція відновлення (вона ж призводить до деструкції) барвника метиленового блакитного за допомогою фотокаталізатора TiO_2 під дією УФ-випромінювання. У реакційній суміші під час енергійного перемішування метиленовий блакитний втрачає своє синє забарвлення [8]. Якщо в умовах експерименту досягається повне знебарвлення барвника, то це свідчить про 100 %-не його відновлення.

Оптичну густину розчинів вимірюють за допомогою спектрофотометра СФ-46. Математичну обробку результатів проводять за інтенсивністю максимального піку барвника при довжині хвилі 668 нм. Концентрації барвника в певний момент часу визначають за попередньо побудованим калібрувальним графіком. Ступінь знебарвлення розчину (χ , %) в різні моменти реакції оцінюють за стандартним рівнянням [6, 7]:

$$\chi = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100,$$

де

χ – ступінь фотокаталітичної деструкції барвника або ступінь знебарвлення розчину,

C – залишкова концентрація барвника,

C_0 – вихідна концентрація барвника.

Для побудови калібрувального графіка попередньо треба провести градуювання використовуваного спектрофотометра.

Градування спектрофотометра СФ-46 [9]

1. Ретельно вимити і висушити кювети товщиною 10 мм.
2. Записати спектр поглинання одного з стандартних розчинів відносно дистильованої води. Стандартами можуть слугувати розчини купрум сульфату, калій хромату або кобальт-амоній сульфату, приготовані за відповідними методиками [9]. Одну кювету заповнюють дистильованою водою, а другу – стандартним розчином. Кювети поміщають у кюветне відділення приладу і закривають кришку.

Порядок роботи на спектрофотометрі СФ-46 [9].

1. Включити спектрофотометр СФ-46, натиснувши кнопку МЕРЕЖА (при цьому повинна засвітитись індикаторна лампа). Натиснути кнопку ПУСК на клавіатурі МПС, після чого на табло повинна висвітитися кома.
2. Дати прогрітись спектрофотометру СФ-46 протягом 30 хв.

3. Встановити в тримач кювету з досліджуваним розчином (в позиції 1,2,3), а в наступну комірку тримача – кювету з контрольним зразком. Встановити тримач на каретку в кюветному відділенні.
4. Встановити необхідну довжину хвилі, обертаючи ручку довжини хвилі в сторону збільшення довжини хвилі. Якщо при цьому шкала повернеться на більшу величину, то вернути її назад на 5-10 нм і знову підвести до необхідної позначки.
5. Встановити фотоелемент і джерело випромінювання для досліджуваного діапазону довжин хвиль. Перед виміром відкрити шторку фотоелемента.
6. Перед кожним новим вимірюванням, коли невідома величина вихідної напруги, слід встановити ширину щілини 0.15 нм, щоб уникнути засвітки фотоелемента.
7. Знімати покази слід при щільно закритій кришці кюветного відділення. Відкривати кришку кюветного відділення слід тільки при встановленій в положення ЗАКР ручці відкривання шторки фотоелемента.

Для вимірювання оптичної густини необхідно [9]:

1. Встановити ручку відкривання шторки фотоелемента в положення ЗАКР.
2. Натиснути кнопку “Щ(0)”, при цьому на фотометричному табло висвічується значення темного струму фотоелемента. Ручкою «НУЛЬ» виставити значення в межах 0,05 – 0,10. Покази з табло знімати до тих пір, поки вони не відрізняться один від одного на 0,001.
3. Встановити на шляху променя кювету з контрольним зразком (розчинник, тощо). Відкрити шторку фотоелемента, повернувши ручку шторки у положення ВІДКР. Натиснути клавішу «К(1)»; ручкою ЩІЛИНА встановити на табло покази в межах 0,5 – 5,0.
4. Встановити на шляху променя кювету з досліджуваним зразком. Натиснути клавішу «D(5)» і повторювати натискання до тих пір, поки покази не відрізняться один від одного на 0,001 Зняти покази оптичної густини з табло.

Результати вимірювань записують у таблицю 1.

Таблиця 1.

Результати калібрування спектрофотометра СФ-46

№	λ , нм	Оптична густина D (експериментальна)	Оптична густина D (довідникова)	Δ
1	400			$\leq 0,001$
2	410			$\leq 0,001$
3	420			$\leq 0,001$
...
x	700			$\leq 0,001$

Побудова калібрувального графіка для розчинів метиленового блакитного

Калібрувальний графік для досліджуваних розчинів метиленового блакитного здійснюють шляхом запису спектрів їх поглинання на зазначеному вище спектрофотометрі СФ-46. Калібрувальних розчинів має бути не менше п'яти, виходячи від максимальної концентрації 20 мг/л. Крок зміни концентрації ≤ 4 мг/л. Контрольним зразком слугує дистильована вода. Вимірювання оптичної густини проводять при довжині хвилі 668 нм [6] (максимальне світлопоглинання метиленового блакитного). Одержана калібрувальна крива дозволить визначати зміни концентрації барвника за величинами оптичної густини в різні моменти фотокаталітичного перетворення.

Завдання до лабораторної роботи

Побудувати графічні залежності в таких координатах:

- 1) ступінь фотокаталітичної деструкції метиленового синього (χ , %) від концентрації барвника в розчині (C , мг/л);
- 2) ступінь фотокаталітичної деструкції метиленового синього (χ , %) від часу реакції (t , хв);
- 3) відношення залишкової концентрації барвника від вихідної (C/C_0) до часу реакції (t , хв);
- 4) за одержаною на останньому графіку кінетичною кривою фотокаталітичного відновлення (деструкції) метиленового синього розрахувати кінетичні параметри (константу швидкості та період напіврозкладу) відповідного процесу в наближенні псевдопершого порядку реакції.

Лабораторна робота №5

«Дослідження фотокаталітичної окисної деградації забруднюючого водойми барвника»

Мета роботи: навчитись визначати ступінь фотокаталітичного окиснення (розкладу або деградації) барвника родаміну Б.

Матеріали та прилади: кристалічний барвник родамін Б (N, N, N', N'-тетраетилродамін); фотокаталізатор TiO_2 колоїдного ступеня подрібнення; спеціальне устаткування для здійснення фотокаталітичного перетворення, яке містить кварцову колбу, магнітний перемішувач, водяний холодильник, УФ-лампу потужністю 300 Вт або 400 Вт; центрифуга; спектрофотометр СФ-46 з відповідними кюветами; лабораторні ваги.

Дана лабораторна робота сформована на основі відомостей із джерел [2, 6, 7, 10-13].

Під дією ультрафіолетового світла водні розчини родаміну Б червоного або рожевого кольору зазнають поступового окиснення (розкладу) та втрачають своє забарвлення.

У присутності фотокаталізатора титан діоксиду TiO_2 цей процес практично трикратно прискорюється. Це пояснюється тим, що електрони валентної зони TiO_2 збуджуються внаслідок опромінення УФ-світлом та переходять у зону провідності. Частина електронів зони провідності TiO_2 захоплюється молекулами кисню з утворенням кисневих радикалів, а частина рекомбінує. Дірки валентної зони формують поверхнево зв'язані ОН-радикали при окисненні поверхневих ОН-груп та поверхневих молекул води. Відокремлення зарядів на TiO_2 визначає ефективність розкладу або деструкції родаміну Б при опроміненні УФ-світлом [10, 11]. Такий процес окиснення або деградації ксантенового барвника родаміну Б слугує «індикаторним перетворенням» у відповідних фотокаталітичних та спектрофотометричних дослідженнях [12, 13].

Водний розчин барвника родаміну Б об'ємом 80 мл та концентрацією 20 мг/л поміщають у кварцову колбу. До розчину додають наважку фотокаталізатора TiO_2 масою 100 мг. Утворену суміш перемішують магнітною мішалкою в темряві протягом 40 хв для досягнення системою сорбційно-десорбційної рівноваги. Далі одержану суспензію продовжують перемішувати протягом 30 хв, але при опроміненні УФ-лампю [6]. Ефективність фотокаталітичної деградації родаміну Б можна підвищити, якщо ступінь дисперсності TiO_2 (анатазної модифікації) близький до 30 нм, рН розчину становить ≈ 3 , а інтенсивність УФ-випромінювання відповідає величині $34,9 \text{ мВт/см}^2$ з потужністю джерела ультрафіолетового світла 400 Вт [12, 13].

Протягом дії опромінення кожні 5 хв проводять відбір зразків для фотометричного аналізу. Фотокаталізатор відділяють від рідкої фази шляхом центрифугування [7].

Оптичну густину розчинів вимірюють на спектрофотометрі СФ-46. Зменшення концентрації родаміну Б спостерігають за зміною оптичної густини при довжині хвилі 554 нм [6, 11]. Концентрацію барвника в певний момент часу визначають за попередньо побудованим калібрувальним графіком. Ступінь знебарвлення розчину (χ , %) в різні моменти реакції оцінюють за стандартним рівнянням [6, 7]:

$$\chi = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100,$$

де

χ – ступінь фотокаталітичної деградації барвника або ступінь знебарвлення розчину,

C – залишкова концентрація барвника,

C_0 – вихідна концентрація барвника.

Перед побудовою калібрувального графіка необхідно здійснити градування використовуваного спектрофотометра. Відповідна методика наведена в попередній роботі.

Побудова калібрувального графіка для розчинів родаміну Б

Калібрувальний графік для досліджуваних розчинів родаміну Б здійснюють шляхом запису спектрів їх поглинання на спектрофотометрі СФ-46. Калібрувальних розчинів має бути не менше п'яти, виходячи від максимальної концентрації 20 мг/л. Крок зміни концентрації ≤ 4 мг/л. Контрольним зразком слугує дистильована вода. Вимірювання оптичної густини проводять при довжині хвилі 554 нм [6, 11] (максимальне світлопоглинання родаміну Б). Одержана калібрувальна крива дозволить визначати зміни концентрації барвника за величинами оптичної густини в різні моменти фотокаталітичного перетворення.

Завдання до лабораторної роботи

Побудувати графічні залежності в таких координатах:

- 1) ступінь фотокаталітичної деградації родаміну Б (χ , %) від концентрації барвника в розчині (C , мг/л);
- 2) ступінь фотокаталітичної деградації родаміну Б (χ , %) від часу реакції (t , хв);
- 3) відношення залишкової концентрації барвника від вихідної (C/C_0) до часу реакції (t , хв);
- 4) за одержаною на останньому графіку кінетичною кривою фотокаталітичного окиснення (деградації) родаміну Б розрахувати кінетичні параметри (константу швидкості та період напіврозкладу) відповідного процесу в наближенні псевдопершого порядку реакції.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Який фотокаталізатор є найбільш використовуваним на практиці та відноситься до комерційних зразків?
2. Яка роль світлових фотонів у активності фотокаталізаторів?
3. За яким рівнянням розраховують ступінь фото каталітичного знебарвлення розчину?
4. Чому фотокаталітична деструкція деяких барвників є важливою з позиції захисту навколишнього середовища?
5. Чи може відбуватися фотодеструкція забруднюючих барвників без наявності фотокаталізатора?

**Змістовий модуль №4.
Каталізатори для біохімічних процесів**

**Тема 4.
Біохімічні каталізатори**

Програмні питання

Ферменти як каталізатори. Каталітичні властивості ферментів. Види класифікації ферментів. Кінетика реакцій, каталізованих ферментами. Кінетичні рівняння для ферментів. Теорії каталітичної дії ферментів. Механізми ферментних реакцій.

Ферменти в харчовій та фармацевтичній промисловості. Альтернативні до ферментів каталізатори. Антиоксиданти.

**Лабораторна робота №5
«Каталітичний гідроліз полісахаридної сполуки»**

Мета роботи: здійснити порівняння між каталітичним (ферментним) гідролізом крохмалю (полісахаридної сполуки) та аналогічним процесом без участі ферменту.

Реактиви та обладнання: розчин крохмалю; розчини ферментів; водяна баня; штатив з пробірками; спиртовий розчин йоду; розчин соляної кислоти.

Дана лабораторна робота сформована на основі відомостей із джерел [2, 14].

Хід виконання роботи

У 5 пробірок налити по 2 мл розчину крохмалю. В 1-шу пробірку додати 1 мл ферменту, розведеного в 2 рази, в 2-гу – аналогічний об'єм, але розведений у 4 рази, в 3-тю – у 8 разів, у 4-ту – 1 мл соляної кислоти, в 5-ту – 1 мл води (5 пробірка є контрольною).

Усі пробірки поставити у водяну баню при температурі 310 К на 10 хвилин. Після охолодження вміст кожної з них розлити у 2 чисті пробірки і здійснити реакції на крохмаль з йодом та реакцію Тромера.

Результати досліджень записують у таблицю 1.

Обробка результатів спостережень

№ п/п	Субстрат	Каталізатор	Температура, К	Реакція на крохмаль	Реакція Тромера	Чи відбувається гідроліз?

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чи можна використати ферменти, які проявляють каталітичну активність по відношенню до крохмалю для каталітичних перетворень інших полісахаридів, наприклад целюлози?
2. Чи впливає температура на каталітичну активність ферментів?
3. Яка реакцію відкрив Тромер?
4. У скільки разів ферменти можуть підвищити швидкість хімічної реакції?
5. Яка ознака свідчить про проходження процесу гідролізу полісахариду?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- [1] Голуб Н.П. Закономірності каталітичного окиснення етану на кислотних каталізаторах: *Автореф. дис. ... канд. хім. наук: 02.00.04, КНУ ім. Тараса Шевченка. Київ, 1996.*
- [2] Козьма А.А., Голуб Н.П. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з курсу «Сучасний каталіз» для студентів ОС «Магістр» (спеціальність 102 Хімія). Ужгород: *ПП Роман О.І., 2024. 84 с.*
- [3] Kozma A., Golub N., Golub Ye., Sidey V., Solomon A., Kuznietsova A., Hershii Ya. Thermodynamic and thermochemical properties of $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. *Chemija*, 2023, 34(1), 19-31.
- [4] Голуб Н.П., Козьма А.А. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з курсу «Фізичної хімії» (Частина 2) для студентів ОС «Бакалавр» (спеціальність 102 Хімія та спеціальність 014.06 Середня освіта. Хімія) Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет» – Ужгород: *ПП Роман О.І., 2024. 104 с.*
- [5] Гомонай В.І., Гомонай О.В. Фізична хімія. Частина II. Хімічна кінетика. Каталітичні реакції. Фізико-хімія поверхневих явищ. Фото- та радіаційно-хімічні процеси. Електрохімія. Ужгород: *Мистецька лінія, 2003. 479 с.*
- [6] Лавриненко О.М., Загорний М.М., Вембер В.В. Фотокаталітична деструкція органічних барвників частинками діоксиду титану допованого золотом. *Bulletin of National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» Series «Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving», 2023, №4 (22), 69-79.*
- [7] Писаренко С.В., Чигиринець О.Е. Фотокаталітична активність калій титанату щодо барвників метиленового синього та конго червоного. *Вісник ХНТУ, 2023, №2(85), 121-126.*
- [8] Кондратьєва І.В., Кобаса І.М., Одосій Л.І., Панімарчук О.І. Гетероструктури TiO_2 і CdS з сенсibilізаторами-барвниками класу ціанінів: темнові й фотохімічні взаємодії. *Наук. вісник Чернівецького у-ту, Випуск 640.: Хімія, 2013, 61-65.*
- [9] Кохан О.П. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Фізичні методи дослідження». Ужгород: *УжНУ, 2010, 40 с.*
- [10] Гнатюк Ю.І., Мануйлов Є.В., Смірнова Н.П., Єременко Г.М. Синтез, структурні та оптичні характеристики плівок TiO_2/Ag активних у фотоокисненні родаміну Б. *Фізика і хімія твердого тіла, 2006, 7(1), 107-112.*
- [11] Буско Т.О., Куліш М.П., Дмитренко О.П., Стащук В.С., Вітюк Н.В., Єременко А.М. Радіаційна модифікація власної дефектної структури плівок TiO_2 з наночастинками шляхетних металів. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, 2012, 10(4), 873-895.*
- [12] Wang Z., Feng P., Chen H., Yu Q. Photocatalytic performance and dispersion stability of nanodispersed TiO_2 hydrosol in electrolyte solutions with different cations. *Journal of Environmental Science, 2020, 88, 59-71.*
- [13] Сухацький Ю.В., Знак З.О., Чупінський Д.В. Мікро- і наноструктурований титану (IV) оксид у соно-, фото- і сонофотокаталітичній деградації

ксантенового барвника родаміну Б (огляд). *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 2021, 4(1), 44-52.

[14] Голуб Н.П., Козьма А.А., Дзямко В.М., Баренблат І.О. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з курсу «Медична хімія» для студентів медичного факультету ОС «Магістр» (спеціальність 222 Медицина). Ужгород: ПП Роман О.І., 2024. 136 с.

ЗМІСТ

Модуль 1. КАТАЛІЗ У ЕНЕРГЕТИЦІ	3
Змістовий модуль №1. Каталізатори традиційної енергетики. Тема 1. Каталіз при одержанні традиційних видів енергії	3
Лабораторна робота №1 «Синтез октагідратного кобальтвмісного ортофосфатного каталізатора»	3
Лабораторна робота №2 «Термічні дослідження синтезованого фосфатного каталізатора»	4
Питання для самоконтролю	5
Змістовий модуль №2. Каталізатори альтернативної енергетики. Тема 2. Каталіз при одержанні альтернативних видів енергії	6
Лабораторна робота №3 «Одержання водню, як альтернативного пального, з розчинів електролітів»	6
Питання для самоконтролю	7
Модуль 2. КАТАЛІЗ В ЕКОЛОГІЇ	8
Змістовий модуль №3. Каталізатори для екологічних застосувань. Тема 3. Каталізатори для захисту навколишнього середовища	8
Лабораторна робота №4 «Дослідження фотокаталітичної відновної деструкції забруднюючого природні водойми барвника»	8
Лабораторна робота №5 «Дослідження фотокаталітичної окисної деградації забруднюючого водойми барвника»	11
Питання для самоконтролю	13
Змістовий модуль №4. Каталізатори для біохімічних процесів Тема 4. Біохімічні каталізатори	14
Лабораторна робота №6 «Каталітичний гідроліз полісахаридної сполуки»	14
Питання для самоконтролю	15
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	16

ДЛЯ ПОДАТОК

Навчальне видання

Козьма Антон Антонович
Голуб Неля Петрівна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ
ЗІ СПЕЦКУРСУ «КАТАЛІЗ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ»
для студентів ОС «Магістр»
(спеціальність 102 Хімія та спеціальність 014.06 Середня освіта. Хімія)

Підписано до друку 27.06.2024 р. Формат 60x90/16
Папір друкарський. Друк різнографічний.
Наклад 50 прим.

Розтиражовано з готових оригінал-макетів
ІІІ Роман О.І.
м. Ужгород, пл. Ш.Петефі, 34/1
Тел.: 050 977 16 56