

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Факультет природничий

Кафедра хімії

ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Обов'язкової освітньої компоненти

Нанохімія

для підготовки здобувачів

другого (магістерського) рівня вищої освіти

Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>102 Хімія</i>
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	<i>Хімія з основами викладання</i>
Факультет / ННІ	<i>Природничий</i>

Укладачі: кандидат хімічних наук, доцент **Кусяк Наталія**
кандидат хімічних наук, доцент **Кичкирук Ольга**

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри хімії

Протокол від «06» січня 2022 р. № 9

Завідувач кафедри _____ **Олена АНІЧКІНА**

УДК 546 (075.8)
К94

*Рекомендовано до друку вченою радою
Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол № 3 від 04 лютого 2022 р.)*

Рецензенти:

Оксана Дударко - кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник відділу хемосорбції та гібридних матеріалів Інституту хімії поверхні НАН України;

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

Віталій Листван – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету ім.Івана Франка.

Кусяк Н.В., Кичкирук О.Ю.

К94 Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Нанохімія» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти / Кусяк Н.В., Кичкирук О.Ю. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2022. – 23 с.

У інструктивно-методичних матеріалах наведені перелік запитань і завдань для підготовки до лабораторних робіт з нанохімії, задачі для самостійної роботи та інструкції до виконання дослідів згідно з програмою. Підготовленні форми для запису даних результатів виконання дослідів та вправ.

УДК 546 (075.8)

© Кусяк Н.В., Кичкирук О.Ю., 2022
© Вид-во Житомирського державного університету ім. І. Франка, 2022

ЗМІСТ

Вступ	3
Критерії оцінювання	4
Лабораторне заняття № 1. <i>Вступ до нанохімії. Базові терміни та поняття. Квантові уявлення в нанохімії</i>	5
Лабораторне заняття № 2. <i>Синтез та оптичні властивості водних розчинів НЧ золота</i>	6
Лабораторне заняття № 3. <i>Синтез та оптичні властивості водних розчинів НЧ срібла</i>	8
Лабораторне заняття № 4. <i>Визначення характеристик заряду НЧ срібла</i>	10
Лабораторне заняття № 5. <i>Спектрофотометричне дослідження кінетики процесу формування НЧ срібла</i>	12
Лабораторне заняття № 6. <i>Рентгенівський аналіз нанопорошків</i>	14
Лабораторне заняття № 7. <i>Синтез та властивості магнітної рідини</i>	17
Лабораторне заняття № 8. <i>Визначення густини нанодисперсних порошкових матеріалів пікнометричним методом</i>	19
Лабораторне заняття № 9. <i>Експрес-визначення заряду частинок нанодисперсних систем</i>	20
Лабораторне заняття № 10. Підсумкове заняття	22
<i>Модульна контрольна робота № 1. «Основи нанохімії, властивості наноматеріалів, принципи їх одержання та сфери застосування».</i>	22
Рекомендована література	22

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни "Нанохімія" для здобувачів спеціальності 102 Хімія є формування у студентів системи знань про особливі властивості речовин в нанорозмірному стані, способи отримання індивідуальних частинок, принципи об'єднання їх в ансамблі і створення на цій основі наноструктур з певними функціональними властивостями, а також ознайомлення із сучасними методами одержання наноматеріалів, дослідження їх властивостей та сферами застосування таких матеріалів.

Основними завданнями вивчення освітньої компоненти "Нанохімія" є формування міцних фундаментальних фізико-хімічних знань і уявлень про залежність фізичних і хімічних властивостей речовини від кількості атомів в її частинці; особливості нанорозмірного стану, хімічні способи одержання наночастинок і наноструктурованих матеріалів; формування у здобувачів синтетичного наукового світогляду, заснованого на об'єднанні знань з різних галузей науки, навичок і умінь для проведення наукових досліджень із застосуванням сучасних синтетичних і інструментальних методів.

В інструктивно-методичних матеріалах детально описані методики лабораторного експерименту та підготовлені форми для запису даних результатів виконання дослідів, вправ, висновків та спостережень. На кожне заняття винесені теоретичні питання, задачі та вправи, що допоможуть оцінити ступінь засвоєння теоретичного матеріалу. Кожне заняття передбачає задачі для самостійного розв'язування. Результати експериментальної частини опрацьовуються математично та статистично.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

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 трансфернонакопичувальною 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 занять, методичними рекомендаціями до організації самостійної та індивідуальної роботи здобувачів вищої освіти, силабусом, навчальною та робочою програмою освітньої компоненти.

Здобувач вищої освіти повинен виконати завдання, передбачені інструктивно-методичними матеріалами до лабораторних занять:

Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів на лабораторному занятті освітньої компоненти "Нанохімія"

№ лабораторного заняття:	Вид роботи:					Сумарна кількість балів
	ТП/З	ЕД	ТЗ/ХД	П	УО	
1	40		30	20	10	100
2	30	30	10	20	10	100
3	30	30	10	20	10	100
4	30	30	10	20	10	100
5	30	30	10	20	10	100
6	40		20	20	10	100
7	30	30	10	20	10	100
8	30	30	10	20	10	100
9	30	30	10	20	10	100
10	40		20	20	10	100

ТП/З – відповідь на теоретичні питання/розв'язування задач;

ЕД – виконання експериментальних дослідів;

ТЗ/ХД – виконання тестових завдань/хімічний диктант;

П – презентація;

УО – участь в обговоренні.

МОДУЛЬ 1

Основи нанохімії, властивості наноматеріалів, принципи їх одержання та сфери застосування

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 (2 год)

Тема заняття: Вступ до нанохімії. Основні терміни та поняття. Квантові уявлення в нанохімії.

План заняття:

1. Порядок роботи в лабораторії. Техніка безпеки при роботі в лабораторії.
2. Опрацювання теоретичних питань:
 - Поняття про наночастинки та наноматеріали.
 - Основні етапи становлення нанохімії.
 - Об'єкти нанохімії.
 - Параметри значення наноматеріалів: розмір і функціональні властивості. Ключові поняття.
 - Корпускулярно-хвильовий дуалізм об'єктів в нанорозмірному стані. Хвильова функція. Квантові межі вимірювань.
3. Перевірка задач (передбачених на самостійне опрацювання):
 - 1.1 Якою є кількість НЧ платини ($r_{\text{нч}} = 60\text{нм}$) може утворитися з 3г платини? $\rho = 21,45 \text{ г/см}^3$. (155 нч).
 - 1.2 Яке число НЧ заліза ($r_{\text{нч}} = 25\text{нм}$), яке можна отримати з 2,5 мг заліза. $\rho = 7,87 \text{ г/см}^3$. ($5 \cdot 10^{12}$ нч).
 - 1.3 Скільки НЧ міді ($r_{\text{нч}} = 5 \cdot 10^{-7}\text{см}$) можна отримати з 10 мг міді. $\rho = 8,96 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. ($2 \cdot 10^{15}$ нч)
 - 1.4 Розрахуйте число НЧ паладію діаметром ($r_{\text{нч}} = 50 \cdot 10^{-9}\text{м}$) можна одержати з $1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ паладію. $\rho = 12,02 \text{ г/см}^3$. ($1,6 \cdot 10^{14}$ нч)
 - 1.5 Яке число НЧ кремнію, якщо їх маса - 2 мг, ($r_{\text{нч}} = 50\text{нм}$) і $\rho = 2,3 \text{ г/см}^3$. ($1,7 \cdot 10^{12}$ нч)
 - 1.6 Скільки НЧ ртуті радіусом ($r_{\text{нч}} = 15\text{нм}$) можна одержати із 30 см^3 ртуті? ($2,1 \cdot 10^{18}$ нч).
 - 1.7 Середній діаметр сферичних НЧ срібла у станить 25нм, обчислити кількість НЧ, які утворяться з 1 моля срібла. $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$.

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 (4 год)

Тема заняття: Синтез та оптичні властивості водних розчинів НЧ золота.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:
 - Основні принципи нанохімії.
 - Основні способи одержання наночастинок і наноматеріалів.
 - Нанотехнології типу «top-down».
 - Гідродинамічний спосіб, вібраційний спосіб.
 - Подрібнення ультразвуком. Конденсаційні методи.
2. Перевірка задач (передбачених на самостійне опрацювання):
 - 2.1 Густина рідких металів нікелю – 7800 кг/м^3 ; міді – 8030 кг/м^3 . Проаналізуйте розміри зародків критичного розміру під час кластеризації нікелю та міді в парах при $t - 1600^\circ\text{C}$ і $P - 1 \text{ мм. рт. ст.}$. Термодинамічна ймовірність утворення яких є більша. Рівняння для опису залежності тиску насичених парів металу від температури: $\lg p_s = A - B/T$ (мм рт. ст.), де T – абсолютна температура, коефіцієнти $A = 9,55$ (нікель), $8,5$ (мідь); $B = 20600$ (нікель), 16600 (мідь). Поверхневий натяг рідких металів: $1,7 \text{ Н/м}$ (нікель); $11,2 \text{ Н/м}$ (мідь). ($4,92 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, $1,35 \cdot 10^{-8} \text{ м}$).
 - 2.2 Порівняйте швидкості утворення зародків критичного розміру калій та кальцій хлориду, які утворилися з пересичених 90% водних розчинів, якщо їх концентрації становлять 73,5 % і 54,5 % відповідно. Поверхнева енергія твердих кристалів KCl і CaCl_2 становить 110 і 450 мН/м, а їх $\rho = 1,98$ і $2,51 \text{ г/см}^3$ відповідно.
 - 2.3 Питома поверхня відкритих одностінних вуглецевих нанотрубок дорівнює $1000 \text{ м}^2/\text{г}$, а густина становить $1,3 \text{ г/см}^3$. Вважати, що у всього матеріалу відношення об'єму до поверхні таке ж, як і в одній трубці, оцініть діаметр нанотрубки.
 - 2.4 Як зміниться реакційна здатність та розчинність порошкоподібного плумбум сульфід, якщо середній розмір НЧ становитиме 5 нм при температурі 298 К? Поверхневий натяг становить $1,19 \text{ Дж/м}^2$.

Інструкція до виконання

Дослід 1. Синтез сферичних НЧ золота

В стаканчик ємкістю 100мл налити 10 мл $0,001\text{M}$ розчину HAuCl_4 і додати 20мл дистильованої води. Даний розчин нагріти до кипіння. Після того як розчин закіпить, додати 1мл 1% ($0,039\text{M}$) розчину натрій цитрату ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) при перемішуванні. Кип'ятити до появи рубінового забарвлення (~

10 хв). Коли розчин стане такого кольору, нагрівання припинити. Розчин охолодити при кімнатній температурі, витримати при цій температурі 10-15 хв..

Дослід 2. Дослідження оптичних властивостей НЧ золота

В першу кварцеву кювету з довжиною оптичного шляху = 1 см внести отриманий водний розчин НЧ золота, отриманий в попередньому досліді (або розбавити його дистильованою водою), а в другу внести дистильовану воду. В обох кюветах повинні бути відсутні бульбашки повітря. Бокові грані, дно кювет ретельно протерти фільтрувальним папером. Помістити кювети в кюветне відділення спектрофотометра. Зняти спектр даного розчину (довжини хвиль 400-650 нм, крок 10 нм). Встановити максимуми поглинання на спектрі. Порівняти одержаний спектр з даними довідника. За положенням максимумів поглинання зробити висновок щодо форми і розміру НЧ золота в розчині.

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 (4 год)

Тема заняття: Синтез та оптичні властивості водних розчинів НЧ срібла.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:
 - Нанотехнології типу «bottom-up».
 - Хімічні методи одержання наночастинок та наноматеріалів: осадження, відновлення, гідролізу.
 - Використання принципово нових відновлюючих агентів.
 - Матричний (темплатний) синтез наночастинок та наноматеріалів.
 - Одержання наночастинок металів у міцелах, дендримерах, у порах цеолітів.

2. Перевірка задач (передбачених на самостійне опрацювання):

3.1 Обчислити тиск насиченої водяної пари над краплями H_2O з $r = 65 \text{ мкм}$ та 100 Å . Тиск насиченої водяної пари при $T = 298 \text{ K} = 3,15 \cdot 10^{-2} \text{ бар}$. Поверхневий натяг H_2O на межі «вода – насичена пара» при $298 \text{ K} = 0,072 \text{ Дж/м}^2$. (а) $3,15 \cdot 10^{-2} \text{ бар}$; б) $3,50 \cdot 10^{-2} \text{ бар}$).

3.2 Розрахуйте розмір частинок CuO , якщо їх розчинність у воді на 8% більша розчинності кристалічного. Міжфазний натяг при $298 \text{ K} = 840 \text{ мДж/м}^2$, $\rho (\text{CuO}) = 6,32 \text{ г/см}^3$ (111 нм).

3.3 Розрахуйте розмір частинок ZnO , якщо їх розчинність у воді на 7% більша розчинності кристалів. Міжфазний натяг при $298 \text{ K} = 960 \text{ мДж/м}^2$, густина $\rho (\text{ZnO}) = 5,60 \text{ г/см}^3$. ($1,66 \cdot 10^{-7} \text{ м}$).

3.4 За експериментальними даними, час половинної коагуляції гідрозолу становить 340 с при вихідній частковій концентрації $V_0 = 5,3 \cdot 10^{14} \text{ част/м}^3$ в'язкості дисперсійного середовища 1 мПа с та температурі 293 K. Як зміниться швидкість коагуляції, якщо в'язкість середовища збільшиться.

Інструкція до виконання

Дослід 1. Синтез НЧ срібла

В мірний циліндр внести 10 мл розчину AgNO_3 ($C = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$) в стакан на 100 мл та нагріти до кипіння. В другому стакані 50 мл розчину $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ($C = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$). Розчин натрій цитрату при перемішуванні додати в киплячий розчин AgNO_3 . Зміна кольору повинна змінитися від безбарвного до жовтого (відновлення іонів срібла). Продовжити нагрівати 15 хв та охолодити до кімнатної температури.

Дослід 2. Оптичні властивості НЧ срібла

2,5 мл одержаного розчину розвести в мірній колбі на 25 мл дистильованою водою. В першу кювету (1 см) внести розбавлений розчин нч срібла, а в другу – дистильовану воду. В кюветах повинні бути відсутні бульбашки повітря. Бокові грані та дно кювет ретельно протерти фільтрувальним папером. Поставте кювет в кюветне відділення спектрофотометра. Зняти спектр даного розчину (довжини хвиль 320-500 нм, крок 10 нм). Встановити максимуми поглинання на спектрі. Порівняти одержаний спектр з даними довідника. За положенням максимумів поглинання зробити висновок щодо форми і розміру НЧ срібла в розчині.

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л.

- Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 (2 год)

Тема заняття: Визначення характеристик заряду НЧ срібла.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:

- Золь-гель метод та його основні технологічні процеси.
- Аерогелі. Ксерогелі. Термічне розкладання і відновлення. Кріохімічний синтез.
- Осадження із газової фази: CVD та PVD методи.
- Плазмохімічний метод синтезу.
- Електрохімічний метод одержання наночастинок та його різновиди.
- Біохімічні методи одержання наноматеріалів.
- Синтез у плівках Ленгмюра Блоджетт та адсорбційних шарах.

2. Перевірка задач (передбачених на самостійне опрацювання):

- 4.1 Розрахуйте час половинної коагуляції аерозолі з дисперсністю $0,25 \text{ нм}^{-1}$ та концентрацією $m_v = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ якщо константа швидкої коагуляції дорівнює $3 \cdot 10^{-16} \text{ м}^3/\text{с}$. Густина частинок аерозолі прийняти $2,2 \text{ г/см}^3$.
- 4.2 Розрахувати константу швидкості коагуляції, якщо час половинної коагуляції AgI золю при вмісті НЧ в 1 м^3 - $3,2 \cdot 10^{14}$, становить 11,5 с. ($2,7 \cdot 10^{-16} \text{ м}^3/\text{с}$).
- 4.3 Розрахуйте об'єм (л) 1%-го розчину кальцій хлориду, який необхідно додати до 1 м^3 золю Al_2O_3 , для коагуляції, якщо поріг коагуляції становить $0,63 \cdot 10^3 \text{ моль/л}$? ($0,63 \text{ л}$).
- 4.4 У скільки разів зменшиться сумарна кількість частинок диму через 5, 25 та 100 с після початку коагуляції? Середній радіус часток становить 15 нм, концентрація $m_v = 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Густина частинок $2,4 \text{ г/см}^3$. Константа швидкої коагуляції дорівнює $3 \cdot 10^{-16} \text{ м}^3/\text{с}$.

Інструкція до виконання

Дослід 1. Синтез НЧ срібла, стабілізованих таніном

Розчинити 4 мг таніну у 50 мл дистильованої води. До отриманн розчину долити 5мл 0,01М розчину AgNO_3 . Додати 1мл 0,1М розчину натрій гідроксиду. Синтез проводити 15 хвилин при кімнатній температурі.

Дослід 2. Встановлення заряду НЧ срібла та густини поверхневого заряду

До розчину НЧ срібла, одержаному в попередньому досліді, додати 3 мл 0,1М розчину CuSO_4 . До 15 хвилин осад дозріватиме, після чого відфільтрувати і добре промити дистильованою водою. Фільтрат перенести у конічну колбу на 100мл та додати 0,5г KI та 0,5мл р-ну крохмалю. Розчин відтитруйте 0,1М р-ном $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до зникнення синього забарвлення розчину. Об'єм робочого розчину тіосульфату - V_2 . Паралельно відтитруйте розчин (3мл використаного розчину CuSO_4 + 60 л дист. H_2O + 0,5г KI (V_1)).

Розрахунок:

Діаметр НЧ ~ 8 нм.

$$n(\text{Cu}^{2+}) = \frac{(V_1 - V_2) \cdot c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{1000} \quad (1)$$

Кількість речовини Аргентуму:

$$n(\text{Ag}) = \frac{V(\text{AgNO}_3) \cdot c(\text{AgNO}_3)}{1000} \quad (2)$$

Приймаємо: форма НЧ сферична, іон Cu^{2+} нейтралізує 2 негативних заряди ($\bar{e}$). Загальний заряд однієї НЧ (z):

$$z = \frac{N_A \cdot \rho \cdot \pi D^3}{3M} \cdot \frac{n(\text{Cu})}{n(\text{Me})} \quad (3)$$

z – заряд, зосереджений на одній НЧ ($\bar{e}$);

D – середній діаметр НЧ (см);

N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$);

M – молярна маса металу (г/моль);

ρ – густина металу ($\rho(\text{Ag}) = 10,5$ г/см 3);

$n(\text{Me})$ – кількість речовини металу у складі осаду (моль);

$n(\text{Cu})$ – кількість речовини Купруму зв'язаного (моль).

Густина поверхневого заряду σ :

$$\sigma = \frac{zF}{N_A \cdot \pi D^2} \quad (4)$$

σ – густина поверхневого заряду (Кл/м²),

F – стала Фарадея (96500 Кл),

D – середній діаметр наночастинок (м).

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 (4 год)

Тема заняття: Спектрофотометричне дослідження кінетики процесу формування НЧ срібла.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:
 - Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Поняття про спектр.
 - Поняття про спектрофотометричні дослідження.
 - Спектр поглинання речовини. Зв'язок спектру поглинання речовини з її будовою.
 - Теоретичні основи спектрофотометричного методу аналізу.

Інструкція до виконання

Розчинити 40 мг таніну у 50 мл дистильованої води. До отриманого розчину додати 5 мл 0,01М розчину AgNO_3 . Потім додати 0,2 мл 0,1М розчину натрій гідроксиду. Синтез проводити 15 хвилин при кімнатній температурі. Секундомір! На 1 хв, 3 хв, 5 хв, 10 хв, 15 хв, 20 хв, 30 хв, 40 хв, 60 хв, 90 хв, 120 хв відберіть по 1 мл проб реакційної суміші і розвести дистильованою водою в мірних колбах на 25 мл. Виміряти оптичну густину проб при 400 нм і внести дані до таблиці. Розчином порівняння буде дистильована вода.

Час, хв	1 хв	3 хв	5 хв	10 хв	15 хв	20 хв	30 хв	40 хв	60 хв	90 хв	120 хв
Оптична густина при 400 нм											

Побудувати графік залежності оптичної густини p -ну від часу ($A = f(t)$).

Позначити ділянки процесів нуклеації і росту НЧ.

Побудувати графік $\ln(a/(1-a))$ – час (t).

Використовуючи графік, визначити константу швидкості процесу формування НЧ срібла.

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6 (2 год)

Тема заняття: Рентгенівський аналіз нанопорошків.

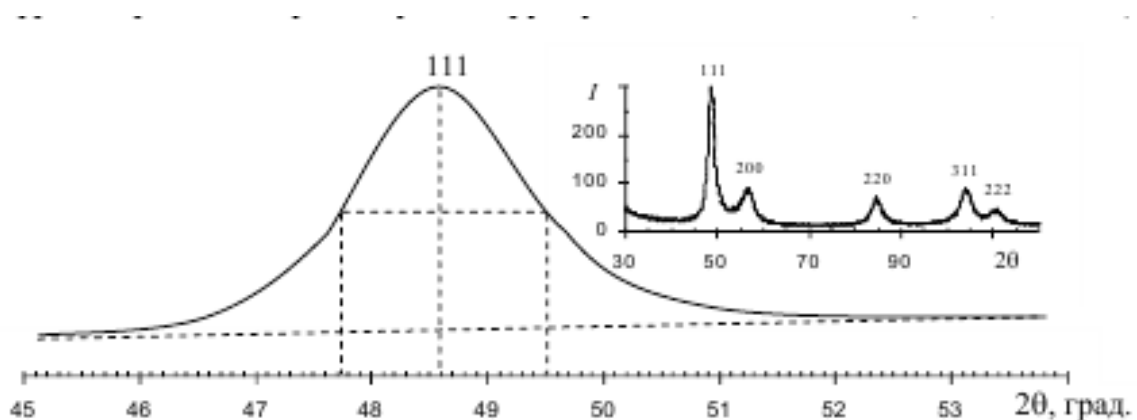
План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:

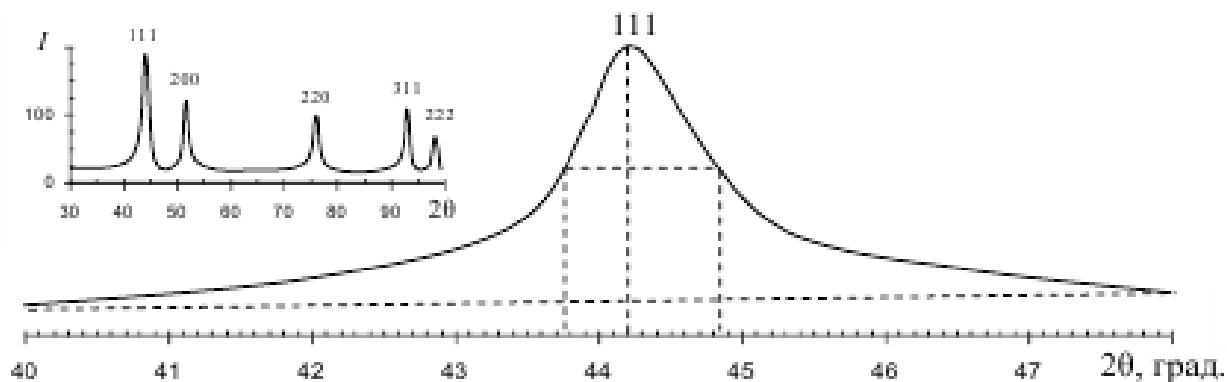
- Неорганічні наноматеріали. Високотемпературні надпровідники.
- Фотонні кристали. Механізм формування фононної зони структури.
- Оптичні особливості фотонних кристалів. Приклади природних фотонних кристалів.
- Методи створення фотонних кристалів. Застосування фотонних кристалів.
- Загальна характеристика рентгенівського випромінювання. Параметри кристалічних ґраток. Метод рентгенівського аналізу.

2. Перевірка задач (передбачених на самостійне опрацювання):

1. За даними рентгенівської дифрактограми розрахувати середній діаметр наночастинок кобальту в кобальт-карбонівому нанокompозиті. Рентгенофазний аналіз зразка проведено з використанням трубки з мідним анодом ($\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$). (7,71 нм)

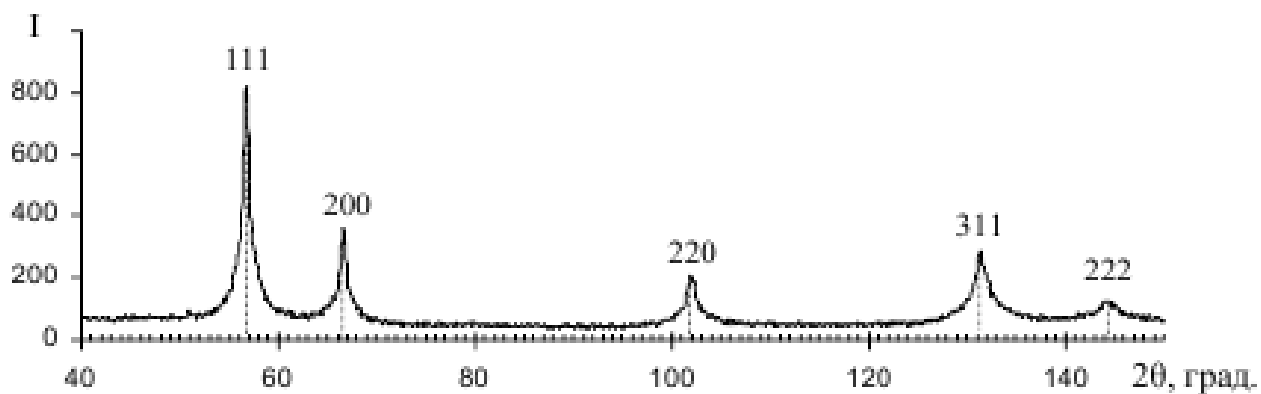


2. За даними наведеними на рисунку розрахувати середній радіус наночастинок золота, вважаючи їх сферичними. Ширина рефлексу 111 на піввисоті для масивного золота дорівнює 0,20°. Рентгенофазний аналіз зразка проведено з використанням трубки із залізним анодом ($\lambda = 1,93604 \text{ \AA}$). (3,12 нм)



3. Визначити сталу ґратки нанокристалів заліза, якщо рефлекси при 2θ $20,16^\circ$; $28,66^\circ$ і $35,29^\circ$ відповідають площинам 110, 200 та 211 об'ємно-центрованої кубічної ґратки металічного заліза. Рентгенофазний аналіз зразка проведено з використанням трубки із молібденовим анодом. ($0,2866$ нм)

4. Розрахувати міжплощинну відстань та сталу ґратки в нанокристалах нікелю використовуючи данні рентгенівської дифрактограми. Рентгенофазний аналіз зразка проведено з використанням трубки із залізним анодом ($\lambda = 1,93604$ Å). ($d_{hkl} = 0,2263$ нм, $a = 0,3920$ нм)



5. В процесі синтезу наночастинок срібла використовують потенціометричний метод з іон-селективним електродом для визначення залишкових Ag^+ іонів в розчині. Розрахувати концентрацію залишкових Ag^+ іонів в гідрозолі срібла ($p_{\text{Ag}} = 6$). (10^{-6} моль/л)
6. Для синтезу наночастинок срібла було використано 2 см^3 $0,2 \text{ М}$ розчину AgNO_3 і 3 см^3 1 М розчину натрій цитрату. Визначити вихід (в % за Ag^+ іоном), якщо p_{Ag} гідрозолу в кінці синтезу = 5. (99,99 %)
7. Визначити вихід (в % за Ag^+ іоном) наночастинок срібла при змішуванні 5 см^3 $0,1 \text{ М}$ розчину AgNO_3 і 3 см^3 1 М розчину натрій цитрату ($p_{\text{Ag}} = 3$).

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Карбовський В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницький, В.Л. Карбовський. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7 (4 год)

Тема заняття: Синтез та властивості магнітної рідини.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:

- Магнітні наноматеріали.
- Феромагнітні, парамагнітні, діамагнітні матеріали.
- Магнітні наноматеріали.
- Феромагнітні рідини. Властивості магнітних рідин.
- Способи одержання магнітних рідин. Області застосування магнітних рідин.
- Явище магнетизму.
- Способи одержання магнітної рідини. Властивості магнітних рідин.

Інструкція до виконання

Дослід 1. Синтез магнітної рідини

- 1) У складі магнетиту Fe_3O_4 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) Fe(II) і Fe(III) знаходяться у співвідношенні 1:2. Для приготування розчинів вихідних солей потрібно взяти 0,01 моль $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (2,78 г) і 0,02 моль $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (5,41 г). При розрахунку враховується наявність кристалогідратної води у складі солей. Приготувати по 40 мл розчинів.
- 2) Змішайте розчини сульфату феруму(II) і хлориду феруму(III). Довести загальний об'єм до 100 мл.
- 3) Ориману суміш по краплям при інтенсивному перемішуванні додайте до 25 мл. 25%-ного водного розчину аміаку. При додаванні коричнево-оранжевий розчин миттєво перетворюється у суспензію чорного кольору.
- 4) Колбу з отриманим колоїдним розчином поставте на постійний магніт і витримайте декілька годин.
- 5) Злитите верхній шар, утримуючи густу масу магнітом. Промити до нейтрального середовища дистильованою водою.
- 6) Наважку олеату натрію (40% від маси магнетиту) при нагріванні (80 °C) при постійному перемішуванні (1 година) додати до отриманої суспензії. Отримана маса і являє собою магнітну рідину.

Дослід 2. Досліди з магнітною рідиною

2.1. Взаємодія магнітної рідини з магнітним полем

Якщо збоку піднести магніт, рідина зміститься до стінки і піднімається за магнітом. Змінюючи напрямок магнітного поля та, відповідно, руху магнітної рідини, можна створити малюнок на стінці посудини. При проведенні дослідів намагайтеся не струшувати магнітну рідину і не залишати її з магнітом на тривалий час.

2.2. Ефект Тіндаля

Розсіювання світла колоїдними частинками причина явища – конуса Тіндаля. Дифракційне розсіювання світла спостерігається якщо розмір частки менше довжини напівхвилі падаючого світла. Світло огинає частинки і розсіюється у вигляді хвиль, що розходяться у всі сторони.

До дистильованої води додати небагато магнітної рідини і ретельно перемішати отриманий розчин. Монохроматичний світловий пучок пропустити через розчин налитий в кювету. Запишіть свої спостереження.

2.3. Руйнування магнітної рідини кислотами

Оскільки магнітна рідина є колоїдним розчином, вона руйнується під дією сильних мінеральних кислот. Для перевірки цього частину отриманої магнітної рідини внесіть у пробірку і додайте розбавлений розчин хлоридної кислоти. Запишіть свої спостереження та напишіть рівняння даної реакції.

2.4. Дослідження поведінки магнітної рідини в етанолі

Додайте до етилового спирту невелику кількість отриманої магнітної рідини та ретельно перемішайте. Спостерігайте за швидкістю осідання частинок магнетиту. Піднесіть магніт до осаду отриманого магнетиту в етанолі та проведіть їм по стінках. Зазначте свої спостереження. Після обережно заберіть магніт. Чи збережеться положення осаду?

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницький, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОРМ Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8 (4 год)

Тема заняття: Визначення густини порошкових наноматеріалів пікнометричним методом.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:

- Неорганічні наноматеріали.
- Карбін, графен, фулерени, нанотрубки
- Віскери. Застосування віскерів.
- Загальна характеристика пікнометричного методу.

Інструкція до виконання

Встановити масу сухого пікнометра з пробкою (m_1). В пікнометр внести порошок досліджуваної речовини (2-3 мм). Закрити корком і знову зважити (m_2). Корок вийняти, залити пікнометричну рідину до половини об'єму і поставити у водяну баню. Збільшуючи температуру бані, досягти закипання рідини. Потім пікнометр виймають з бані і охолоджують до кімнатної температури. Додати пікнометричну рідину після охолодження, поставити в термостат і при температурі 25°C витримати протягом 10 хвилин. - риска на його шийці має бути нижче від рівня термостатуючої рідини. Після встановлення меніска рідини на рисці за допомогою мікрошприца, пікнометр закрити корком, витерти поверхню сухою і чистою серветкою і дати висохнути та зважити (m_3). Рідину і порошок видаляють з пікнометра, промивають рідиною, наповнивши до риски, знову ставлять у термостат на 10 хв.

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9 (2 год)

Тема заняття: Експрес-визначення заряду частинок нанодисперсних систем.

План заняття:

1. Опрацювання теоретичних питань:

- Нанотехнології в медицині.
- Нанобіосенсиори, їх застосування в діагностиці захворювань.
- Сенсори рН. Експрес-аналізатори.
- Електричний заряд.
- Взаємодія заряджених частинок.
- Окисно-відновний потенціал.

2. Перевірка задач (передбачених на самостійне опрацювання):

1. Розрахуйте електрофор. швидкість руху НЧ золю CuO : δ -потенціал = +36 мВ, відстань = 0,4 м, різниця потенціалів = 110 В, $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$, $\epsilon = 80$. ($7 \cdot 10^{-6}$ м/с).
2. Швидкість електрофорезу НЧ Fe_2O_3 = $14,7 \cdot 10^{-4}$ см/с. ($\epsilon = 81$, $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$ Па·с) при різниці потенціалу 3,19 В/см. Визначити дзета-потенціал. (64,3 мВ)

Інструкція до виконання

Дослід 1. Синтез НЧ срібла

В мірний циліндер внести 10 мл розчину AgNO_3 ($C=1 \cdot 10^{-3}$ моль/л) в стакан на 100 мл та нагріти до кипіння. В другому стакані 50 мл розчину $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ($C=1 \cdot 10^{-3}$ моль/л). Розчин натрій цитрату при перемішуванні додати в киплячий розчин AgNO_3 . Зміна кольору повинна змінитися від безбарвного до жовтого (відновлення іонів срібла). Продовжуйти нагрівати 15 хв та охолодити до кімнатної температури.

Дослід 2. Одержання НЧ ферум(III) гідроксиду

В стакан внести 50 мл води, до киплячої води додати 5 мл 2% р-ну FeCl_3 . Утворився червоний золь, який зберегти.

Дослід 3. Визначення заряду НЧ (правило Шульце-Гарді)

В п'ять чистих пробірок налити по 5 мл золю FeCl_3 (2 дослід), а в 5 інших – 5 мл золю НЧ срібла, одержаного (дослід 1). В пробірки одного ряду додати по 1мл 0,02М розчинів електролітів, згідно таблиці, перемішати і залишити (30 хвилин).

№	Електроліт	ЗольНЧ FeCl_3	Золь НЧ срібла
1	KCl		
2	K_2SO_4		
3	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$		
4	BaCl_2		
5	AlCl_3		

Відмітити наявність коагуляції та знак заряду золей.

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Дата

Підпис викладача

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10 (2 год)

Тема заняття: Підсумкове заняття.

Модульна контрольна робота № 1. «Основи нанохімії, властивості наноматеріалів, принципи їх одержання та сфери застосування»

Рекомендована література:

1. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
3. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

Рекомендована література

Основна:

1. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
2. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. - Nanotechnology News Network, 2005. – 444 с.
3. Литвин В.А. Основи нанохімії / В.А. Литвин. – Черкаси: Дизайнерська група «8-й колір», 2015. – 268 с.
4. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач /В.А. Литвин. – Черкаси: «ФОП Белінська О. Б.», 2014. – 152 с.
5. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии /А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с

Додаткова

1. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 1 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
2. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 2 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика. – Киев: Академперіодика, 2002. – 540 с.
3. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы у 3 т. Т. 3 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий,

- В.Л.Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2003. – 540 с.
4. Зайцев В.М., Савранський Л.І. Функціоналізовані пористі матеріали для аналітичної хімії, Київ. - 2005.
 5. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. Москва: Изд-во МГУ, 2003. - 288 с.
 6. Суздалев И.П., Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - М.: КомКнига. - 2005. - 590 с.
 7. Ч. Пул (мл.), Ф. Оуэнс, Нанотехнологии. – М.: Техносфера. – 2004.
 8. С.С. Воюцкий. Курс коллоидной химии. – М.: Химия. – 1975.
 9. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость: пер. с англ. - 2-е изд. – М.: Мир, 1984. - 306 с.
 10. Balzani V., Credi A., Venturi M., Molecular Devices and Machines: a Journey to the NanoWorld. Willey, 2002. – 456 p.

Інтернет ресурси

1. Бібліотека Житомирського державного університету імені Івана Франка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://irbis.zu.edu.ua/cgi-bin/irbis64r_11/cgiirbis_64.exe
2. Бібліотека українських підручників [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://pidruchniki.ws/>.
3. Державна науково-педагогічна бібліотека України ім. В. О. Сухомлинського. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.dnpb.gov.ua.
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>